श्रीमंत

सयाजीराव महाराज गायकवाड

सेनाखासखेल समशेरबहादर

यांस,

शास्त्रकलाभिवृद्धि व विद्याप्रसार

यांविषयीं

औत्सुक्य व औदार्य

या त्यांच्या प्रशंसनीय गुणांच्या अभिनंदनाचें

निदर्शक ह्मणून,

ग्रंथकर्त्यानें

हें पुस्तक

परमादरानें

अर्पण केलें आहे.

प्रस्तावना.

या लहानशा ग्रंथांत जीं व्याख्यानें छापिलीं आहेत तीं पुणें म्युनिसिपालिटीच्या प्राथमिक शिक्षणाच्या शाळांतील शिक्षकांस प्रथम देण्यांत आलीं. हीं व्याख्यानें छापण्याचा प्रथम उद्देश नव्हता, व त्या उद्देशानें तीं लिहिलींही नव्हतीं; परंतु पुष्कळ शिक्षक लोकांनीं असें सुचविलें कीं, व्याख्यानांतील विषय बराच अवघड आहे, तेव्हां तो एक वेळ ऐकून ध्यानांत रहावयाचा नाहीं, व त्याचें पुनः पुनः मनन करण्याचें साधन असल्याखेरीज त्याचें पूर्ण ग्रहण होणार नाहीं; त्याअर्थीं व्याख्यानें छापून हातीं पडतील तर त्यांचा फार उपयोग होईल. या त्यांच्या सूचनेवरून मूळचीं व्याख्यानें बहुतेक पुनः लिहून व आंतील मजकूर बराच वाढवून हल्लीं तीं ग्रंथरूपानें प्रसिद्ध केलीं आहेत.

या ग्रंथांत वर्णन केलेले सर्व प्रयोग व्याख्यानांच्या वेळीं प्रत्यक्ष करून दाखविले होते; परंतु व्याख्यानें ग्रंथरूपानें छापण्याचा विचार झाला तेव्हां प्रयोगवर्णन समजण्यापुरतीं चित्रें थोडक्या खर्चांत कशीं मिळतील ही मोठी अडचण उत्पन्न झाली. प्रयोगांच्या मांडणीचीं चित्रें डोळ्यांपुढें असल्याखे-

रीज त्यांचें वर्णन समजण्यास फारच कठीण पडलें असतें, व ग्रंथाचा व्हावा तसा उपयोग झाला नसता; परंतु रा० रा० वासुदेव गणेश जोशी चित्रशाळेचे व्यवस्थापक, यांनीं या कामीं आपणांकडून होईल तितकी मदत करण्याचें कबूल केल्यामुळें ही चित्रांची अडचण दूर झाली. ग्रंथाच्या शेवटीं जीं चित्रें जोडिलीं आहेत तीं चित्रशाळेंतील शिळा छापावर छापिलीं आहेत. याप्रमाणें या ग्रंथाच्या प्रसिद्धीस रा० जोशी यांनीं जी मदत केली आहे, तिजबद्दल ग्रंथकर्ता त्यांचा फार आभारी आहे.

सामान्य जनांत शास्त्रज्ञानाचा प्रसार व्हावा, व मराठी आणि इंग्रजी शाळांतून शास्त्रीय विषय आरंभीं मराठींतून शिकविले जावे, अशाबद्दल हल्लीं बरीच खटपट सुरू आहे; परंतु सुलभ व मनोरंजक अशा रीतीनें शास्त्रीय विषयांचें विवेचन केल्याखेरीज देशी भाषांतून त्यांचें ज्ञान प्राप्त करून घेण्यास क्वचितच कोणी प्रवृत्त होईल. अशा प्रकारानें शास्त्रीय विषयांचें ज्यांत विवेचन केलें आहे, असे ग्रंथ अद्यापि मराठी भाषेंत फारसे झाले नाहींत. हा ग्रंथ तयार करीत असतां तो सुलभ व मनोरंजक करण्याचा होईल तितका प्रयत्न केला आहे; तो कितपत सिद्धीस गेला आहे हें पहाण्याचें काम सुज्ञ वाचकांकडे आहे.

या ग्रंथांत जे प्रयोग वर्णन केले आहेत ते करण्यास लागणाऱ्या उपकरणांचा संग्रह करण्यास बराच खर्च लागेल. व्यक्तिमात्रास तो करितां येण्याजोगा नाहीं. परंतु म्युनिसिपालिट्यांनीं व इतर सार्वजनिक मंडळ्यांनीं या प्रयोगसाधनांचा संग्रह करून ठेविल्यास त्यापासून फार फायदा होणार आहे. मराठी शाळांतील शिक्षकांस व इतर शास्त्रजिज्ञासु लोकांस स्वतः प्रयोग करून पहाण्याची किंवा दुसऱ्यास दाखविण्याची त्यामुळें उत्तम सोय होणार आहे. या ग्रंथांत वर्णन केलेले सर्व प्रयोग करून पहाण्यास लागणाऱ्या उपकरणांची किंमत सुमारें ३५० पासून ६०० रुपयेपर्यंत होईल. मध्यमप्रतीचीं व लहान आकारांचीं उपकरणें घेतल्यास रु० ३५०, व उत्तम जातीचीं व मोठ्या आकारांचीं घेतल्यास रु० ६००, इतका खर्च येईल. इतक्या उपकरणांचा संग्रह केल्यास या ग्रंथांत वर्णिलेल्या प्रयोगांखेरीज दुसरेही पुष्कळ यांत्रिक व रासायनिक प्रयोग करितां येण्याजोगे आहेत. या ग्रंथाच्या शिक्षणास लागणारीं किंवा इतर कोणत्याही शास्त्रशाखेच्या शिक्षणास लागणारीं उपकरणें ज्यांस विकत घ्यावयाचीं असतील त्यांनीं ग्रंथकर्त्यास कळविल्यास या बाबतीची सविस्तर माहिती त्यांस देण्यांत येईल.

अनुक्रमणिका.

व्याख्यान १ लें.

व्याख्यान २ रें.

व्याख्यान ३ रें.

व्याख्यान ४ थें.

हवा.

व्याख्यान पहिलें.

हवेच्या प्रकृतिधर्मांविषयीं.

१. हवा हा एक इंद्रियगोचर पदार्थ आहे. प्रत्येकास हवा ह्मणजे काय हें माहीत आहे. ती अदृश्य आहे खरी, परंतु तिचें ज्ञान आपणांस स्पर्शेंद्रियानें होतें. श्वासोच्छ्वासागणीक आपण कांहीं अदृश्य पातळ पदार्थ आंत घेत आहों व बाहेर टाकीत आहों, या उष्णकाळाच्या दिवसांत अंग घामानें थबथबलें असतां कांहीं प्रवाही पदार्थ आपल्या अंगावर आदळून आपल्या शरीरास आल्हाद देतो, इत्यादि गोष्टी प्रत्येकाच्या अनुभवास येतात, व त्यामुळें त्यास हवेच्या अस्तित्वाचा बोध होतो. सर्व पदार्थांच्या अंगीं कांहीं विरोधक शक्ति आहे. घन अथवा मूर्त पदार्थांस आपण हात लाविल्यास ते आपणांस विरोध करितात व त्यामुळें घट्टसे भासतात. पातळ पदार्थांत हात घालून हलविला असतां ही विरोधशक्ति त्यांसही आहे असें आपणांस कळून येतें. घन किंवा पातळ पदार्थांस ज्या मानानें गति प्राप्त होते

त्याच मानानें त्यांचा विरोधही बलवत्तर होतो. या सर्व गोष्टी हवेसही लागतात. पंखा घेऊन हवेंत हल-विला असतां हवा त्याच्या गतीस विरोध करिते व तो विरोध आपल्या स्नायूंस कळून येतो; ज्यावेळीं हवेस गति येते, म्हणजे वारा सुटतो, त्यावेळीं ह-वेच्या धक्क्यानें लहानसहान पदार्थ हलूं लागतात. वारा जोराचा असेल तर त्याचा विरोध आपणां-सही सहन करवत नाहीं; व मोठमोठीं वादळें हो-तात त्यावेळीं तर मोठे प्रचंड वृक्ष जमीनदोस्त होतात, मोठमोठ्या जहाजांचा चुराडा होतो व समुद्र खवळून त्यास पर्वतप्राय लाटा ये-तात. सामान्य अनुभवानें या सर्व गोष्टींचें आपणास साहजिक ज्ञान मिळतें; व आपण अनुमान करितों कीं घन व पातळ पदार्थाप्रमाणें हवाही एक जातीचा पदार्थच असला पाहिजे. हें आपलें साहजिक अ-नुमान खरें आहे. सांप्रतकाळीं हवा व तिचे घटका-वयव यांस अत्यंत थंडीनें व दाबानें पातळ किंवा घट्ट करण्याची रीति व यंत्रें निघालीं आहेत. ही यंत्रसामुग्री मजजवळ असती तर एका नळींत हवा घेऊन ती घट्ट करून मला तुमच्या हातांवर देतां आली असती. तेव्हां आतां हवा हा एक सामान्यतः वायूच्या रूपानें असणारा अदृश्य पदार्थ आहे यांत मुळींच शंका उरली नाहीं.

२. **वातावरण.** पृथ्वीस सर्व बाजूंनीं हवेनें वेष्टिलें आहे. पृथ्वीच्या एकंदर पृष्ठभागापैकीं कायते चार पंचमांश समुद्रानें आच्छादिले आहेत, परंतु या वायुरूप समुद्राचा सर्व पृष्ठभागास सारखा वेढा आहे. ज्याप्रमाणें समुद्राच्या तळाशीं घरटीं बांधून राहणारे कांहीं जलचर प्राणी आहेत, त्याप्रमाणेंच या वायुरूप समुद्राच्या तळाशीं आपलीं घरें बांधून आपण निर्वाह करीत आहों; परंतु बहुतेक जलचर प्राण्यांस पोहत पोहत समुद्राच्या पृष्ठभागापर्यंत येतां येतें; तशी मात्र आपली किंवा पक्ष्यांची स्थिति नाहीं. पक्ष्यानें कितीही उंच उड्डाण केलें व आपण माणसांनीं कितीही उंच विमान उडविलें, तथापि या वायुरूप समुद्राच्या तळापासून फारसें उंच, म्हणजे फार झालें तर पांचसहा मैलांच्या पलीकडे, आपणांस जातां येत नाहीं; व या समुद्राच्या एकंदर खोलीच्या मानानें पाहिलें असतां पांचसहा मैल म्हणजे तिचा एक दशांशही नाहीं. तेव्हां या वायुरूप समुद्राच्या वरच्या प्रदेशांत काय चाललें आहे हें आपणांस प्रत्यक्ष समजण्याचा मुळींच मार्ग नाहीं. त्या प्रदेशाविषयींचें आपलें ज्ञान बहुतेक अनुमानसिद्ध आहे. या वायुरूप समुद्रास **वातावरण** अशी संज्ञा दिलेली आहे.

वातावरणास समुद्राची जी उपमा दिली ती य-

थार्थ आहे हें तुमच्या सहज लक्षांत येईल. समुद्र आपणांस दिसतो, त्यामुळें त्याच्या अनंत लाटा, त्याची तुफानांतील खवळलेली स्थिति, त्याची भरती ओहोटी, व अशाच दुसऱ्या अनेक गति आपणांस प्रत्यक्षच दिसतात. वातावरणांत समुद्रापेक्षां शतपट मोठ्या व शतपटीनें विचित्र अशा गति क्षणोक्षणीं उत्पन्न होत आहेत; परंतु आपणांस वातावरण दिसत नाहीं, तेव्हां या गति अनुमानानेंच जाणिल्या पाहिजेत. जर कोणा मनुष्याच्या नेत्ररचनेंत विलक्षण फेर होऊन त्यास हें वातावरण आकस्मिकपणें दृश्य झालें, तर त्यास केवढा अचंबा व केवढें भय वाटेल ! हवेचा यत्किंचित्‌ही भाग कोठें स्थिर नाहीं असें त्यास दिसेल; कारण, अंधाऱ्या खोलींत, जेथें हवा अगदीं स्थिर आहे असें आपण मानितों, तेथें थोड्या सूर्यकिरणांनीं प्रवेश केला असतां असंख्य अणुरेणु हलत, चालत, फिरत आहेत असे जे आपणांस दिसतात ते या कल्पित मनुष्यास हवेच्या ओघांत सांपडल्यामुळें हलत आहेत असे दिसतील. जेव्हां मोठा वारा सुटतो तेव्हां अनेक रजःकणांनीं भरलेला व पाठीवर पर्वताएवढाल्या मेघांच्या राशी घेऊन वाहणारा असा हवेचा अगाध प्रवाह आक्षितिजापर्यंत सर्व स्थावरजंगम पदार्थांस धुवून बुडवून टाकीत आहे असें त्यास दिसेल. विजेचा चक-

चकाट होतांच त्या ठिकाणीं उत्पन्न होणाऱ्या वातावरणाच्या लाटा ध्वनिरूपानें जिकडे तिकडे फांकून, या शिखरावरून त्या शिखरावर परावर्तन पावल्यानें प्रतिध्वनिरूपानें सर्व दृश्य जग दणाणून टाकीत आहेत असें त्यास प्रत्यक्ष दिसेल; परंतु त्यास व सर्वांस अद्भुत आश्चर्य वाटण्याजोगी गोष्ट ती ही कीं अनेक प्रकारच्या, अनेक दिशाप्रेरित अनेक गति हवेमध्यें-एकसमयावच्छेदेंकरून वास्तव्य करूं शकतात. मोठा वारा वाहत आहे, विजेच्या गडगडाटाच्या लाटा चहूंकडे पसरत आहेत, वृक्षांचा व प्राण्यांचा सारखा किलबिलाट सुरू आहे, अशा वेळीं कोठें कोंपऱ्यांत एखादा भुंगा आपल्या नाजुक पारदर्शक पंखांनीं हवेस कंपित करीत असल्यास, त्या कंपानें उत्पन्न झालेल्या सूक्ष्म लहरी अशा या खवळलेल्या हवेंतून भिन्नपणें पसरूं लागतात; व त्या आपल्या कर्णेंद्रियावर आपटल्यानें इतर सर्व ध्वनींहून भिन्न अशा एका मनोहर ध्वनीचें आपणांस ज्ञान होतें !

३. **वातावरणाची उंची.** या वातावरणाची पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून किती उंची आहे हें निश्चयात्मक सांगतां येत नाहीं. अतिशय उंच असे ढग फार झालें तर पृथ्वीपासून सहा सात मैलांवर असतात. सूर्यास्तानंतर जो संधिप्रकाश राहतो त्या-

वरून वातावरण निदान पन्नास मैल उंच असावें असें दिसतें; परंतु उत्तरध्रुवाकडे 'आरोरा बोरियालीस' अथवा 'उत्तरेकडील अरुणोदय' ह्मणून जो विद्युज्जन्य प्रकाश वातावरणांत दिसतो त्यावरून किंवा रात्रीं पडल्या ताऱ्यांप्रमाणें भासणारे जे पदार्थ वातावरणांतून जातांना दिसतात त्यांच्या गतीवरून गणित केलें असतां वातावरणाची उंची निदान ३०० मैल तरी असावी असें सिद्ध होतें; परंतु या विषयाचा विशेष विचार येथें करितां येत नाहीं, आणि वस्तुतः पहातां पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून पन्नास मैलांपलीकडे जरी वातावरण असलें, तथापि तें इतकें विरळ असलें पाहिजे कीं तें आपणांस असून नसून सारखेंच होय.

४. **हवा निर्भेद्य आहे.** घन व पातळ पदार्थांप्रमाणें हवाही जागा व्यापिते, व म्हणूनच आपण आतां वातावरणाच्या उंचीचा विचार केला. जी जागा हवा व्यापिते त्याच जागेंत दुसरे पदार्थ जाऊं शकत नाहींत; म्हणजे ती निर्भेद्य आहे. जर आपण हवेनें भरलेल्या पात्रांत दुसरा कांहीं पदार्थ घातला तर हवा तत्काळ त्या जागेंतून बाहेर पडते; परंतु बाहेर पडण्यास मार्ग नसेल व पदार्थ जोरानें पात्रांत शिरूं लागेल तर पात्रांतील अवशिष्ट जागेंतच ती दबून राहते. याप्रमाणें पात्रांत दाबली गेल्यानें जों जों

हवेचा अधिकाधिक संकोच होतो तों तों पात्रांत शिरणाऱ्या पदार्थास तिचा अधिकाधिक विरोध होतो, व फारच दाब झाल्यास हवा भांडें फोडून बाहेर पडण्याचाही संभव असतो.

प्रयोग १ ला. ही हवेची निर्भेद्यता दाखविणें सोपें आहे. एक रिकामा ह्मणजे हवेनें भरलेला ग्लास घेऊन तो पालथा पाण्यांत बुडवावा, त्यांत पाणी शिरणार नाहीं; त्यामुळें आंत एखादा कोरडा कागद आधीं घातलेला असल्यास तो कोरडा राहील. कागदाच्या ऐवजीं एका कमानदार जस्ताच्या पत्र्यावर लाल निखारा ठेवून मग ग्लास पालथा पाण्यांत खोल बुडवून बाहेर काढावा, निखारा लालचालाल बाहेर परत येईल; व याप्रमाणें हवेची निर्भेद्यता विशेष स्पष्ट होईल.

जेथें घन किंवा पातळ पदार्थ नाहीं अशी सर्व जागा हवेनें व्यापिली आहे. पाण्यानें भरलेला तांब्या ओतिला कीं त्यांत हवा शिरलीच. लांकडांत, मातींत, दगडांत कोठें फट पडली कीं आंत हवेचा संचार झालाच. अगदीं सूक्ष्म छिद्रही हवेस आंत शिरण्यास बस्स होतें; यामुळें जेथें कांहीं नाहीं असें आपण समजतों तेथें हवा असतेच. वेत, बांबू, वगैरे पदार्थांची रचना तंतूस तंतू उभे जुळून झालेली असते, व त्या तंतुसमुदायांत सूक्ष्म नलिकाकार छिद्रें असतात; हीं सर्व हवेनें भरलेलीं असतात. सामान्यतः सर्व लांकडांस हीच गोष्ट लागू आहे.

८. गुरुत्वाकर्षणानें वातावरण पृथ्वीस पक्कें जखडलेलें आहे. हवेच्या विलक्षण चंचलतेचा विचार केला असतां, वातावरण हें पृथ्वीस चिकटून

कसें राहिलें आहे याचें मोठें आश्चर्य वाटतें. पृथ्वी रोजच्यारोज आपणाभोंवतीं फिरत आहे इतकेंच नव्हे, तर दररोज आपल्या कक्षेंतून कित्येक लक्ष योजनें ती चालते. या दोन्ही गति वातावरणासही प्राप्त होतात काय? ह्मणजे पृथ्वीच्या घनद्रवरूप अंतर्गोलाबरोबर हें चंचल वातावरणही चक्रगतीनें फिरत आहे काय? व पृथ्वीबरोबर वातावरणासही भूकक्षेच्या मार्गानें लक्षावधि योजनें नित्यशः आक्रमावीं लागतात काय? होय. कारण वातावरण स्थिर राहून जर पृथ्वी त्याच्या आंतल्या आंत फिरेल तर सदासर्वकाळ पृथ्वीवर केवढी वावटळ उत्पन्न होईल! पहा कीं पृथ्वीचा घेर सुमारें २५००० मैल आहे, व ती २४ तासांत आपल्याभोंवतीं फिरते; तेव्हां तासास सुमारें १००० मैल इतका तिचा फिरण्याचा वेग आहे. आतां हवा स्थिर असून तिच्यांतून आपण अल्प गतीनें धांव घेतली तर आपणांस सामान्य वारा सुटलासा भास होतो; तसेंच आगगाडी दरतासास कायती २०।२५ मैल चालते, परंतु ती चालत असतां आपणांस मोठा वारा सुटल्याचा भास होतो; त्याअर्थी १००० मैलांच्या वेगानें वातवरणाच्या आंतून जर पृथ्वी फिरूं लागली, तर आपणांस प्रळयकाळचाच वारा सुटलासें निःसंशय वाटेल. तसेंच पृथ्वीच्या वार्षिक गतींत

वातावरण जर पृथ्वीबरोबर गेलें नाहीं तर थोड्या काळांत आपण एकीकडे व वातावरण एकीकडे असें अवश्य होणार! परंतु तसें कांहींच होत नाहीं, कारण जरी वातावरण इतकें चंचल व अनिर्गल आहे, तरी तें पृथ्वीस पक्कें जखडलेलें आहे. घन किंवा पातळ पदार्थांवर मात्र पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा जोर चालतो असें नाहीं; हवेच्या प्रत्येक परमाणूवरही त्याचा अम्मल निरंतर चालू आहे. ज्याप्रमाणें दगड, माती, झाडें वगैरे पदार्थ गुरुत्वशक्तीनें पृथ्वीस खिळून गेले आहेत, ज्याप्रमाणें आपणां सजीव प्राण्यांस पृथ्वीच्या तळावर खुरडल्यावांचून उपाय नाहीं, ज्याप्रमाणें समुद्र कितीही उच्छृंखल झाला तथापि अखेरीस त्यास पृथ्वीतलाच्या निम्नभागींच लोळलें पाहिजे, त्याप्रमाणेंच हवा कितीही चंचल, कितीही अनिर्गल असली, ती पृथ्वीतलावर कितीही स्वच्छंदपणें संचरली, तथापि तिचा प्रत्येक परमाणु गुरुत्वाच्या पाशानें पृथ्वीस बांधला गेला आहे, व म्हणून त्या प्रत्येकास पृथ्वीच्या दैनंदिन आणि वार्षिक या दोन्ही गतींचें अवलंबन करावें लागतें. आपली व हवेच्या प्रत्येक परमाणूची या बाबतींत सारखीच स्थिति आहे.

६. **हवेस वजन आहे.** जर याप्रमाणें पृथ्वीच्या गुरुत्वाचा हवेवर अम्मल चालतो, तर हवेस वजन

असलें पाहिजे, हें सहज लक्षांत येईल. घन व पातळ पदार्थांपेक्षां हवा फारच हलकी आहे, त्यामुळें हवेस वजन असेल, व त्या वजनापासून कांहीं यांत्रिक परिणाम घडतील अशी पूर्वी कोणास कल्पनाही नव्हती; परंतु वाताकर्षक यंत्राची युक्ति निघाल्यापासून भांड्यांतील हवा काढून घेतां येऊं लागली, व तसें केल्यावर भांडीं पूर्वीपेक्षां कमी वजन भरतात हें स्पष्टपणें दाखवितां येऊं लागलें. याप्रमाणें हवेनें भरलेल्या भांड्याच्या व निर्वात भांड्याच्या वजनांत जो भेद दिसेल तो काढून घेतलेल्या हवेचे वजनाइतका असला पाहिजे हें उघड आहे. ही गोष्ट आतां प्रयोगानें सिद्ध करून दाखवितों.

प्रयोग २ रा. **अ** हें एक कांचेचें गोल भांडें आहे, [आकृति १ ली] व याच्या तोंडास **ब** हा एक काक बसविला आहे. हा काक उघडा आहे, तेव्हां या गोलाच्या आंत हवा आहे हें उघडच आहे. या काकाच्या तोंडास स्क्रू आहे, त्यानें तो वाताकर्षक यंत्राशीं जोडितां येतो. प्रथम गोल हवेनें भरला असतां आपण त्याचें वजन करूं. हा पहा आतां कांटा समतोल झाला व हीं इतकीं वजनें लागलीं; हीं आतां कांट्यांतच राहूं द्या. गोल मात्र कांट्याचा काढून वाताकर्षकास जोडतों, व आंतील हवा काढून घेतों. आतां काक बंद करून गोल वाताकर्षकापासून सोडवून कांट्यास टांगितों. हें पहा किती वजन कमी झालें ! आतां गोलांतून किती हवा बाहेर काढली गेली हें पहाण्याकरितां हा गोल **क** या घंटापात्रास जोडितों. हें घंटापात्र परातींत पाण्यांत ठेविलेलें आहे व घंटा-

पात्रांत आंत व बाहेर पाणी ड या समपातळींत आहे. जर घंटापात्रांतील हवा गोलामध्यें शिरली तर घंटापात्रांत त्या हवेच्या आकारमानाइतकें पाणी वर चढेल व त्यामुळें किती हवा गोलांत शिरली हें आपणांस समजून येईल, व तितकीच हवा वाताकर्षकानें पूर्वी काढून घेतली असली पाहिजे. हें पहा, काक उघडतांच पाणी वर चढूं लागलें. तें आतां इ या पातळीस येऊन पोंचलें आहे व अधिक वर चढत नाहीं, तेव्हां गोल हवेनें पुनः भरला असला पाहिजे; तर तो घंटापात्राचा सोडवून वजन करूं. पहा त्याचें वजन पूर्वी हवेनें भरलेला होता तेव्हां जितकें होतें तितकें पुनः झालें. सवात व निर्वात गोलाच्या वजनांत जें अंतर पडलें तें क या घंटापात्रांत डपासून इपर्यंत जितकी हवा मावेल तितक्या हवेच्या वजनाइतकें होय.

या प्रयोगावरून हवेस वजन आहे हें निर्विवाद सिद्ध होतें. याप्रमाणें वजन करून पहातां असें दिसतें कीं प्रत्येक घनफूट हवेचें वजन १·२९ औंस इतकें आहे; व ह्मणून हवा पाण्यापेक्षां ७७३ पटींनें हलकी आहे; कारण पाण्याच्या एका घनफुटाचें वजन १००० औंस अथवा ६२·५ पौंड असतें. एखाद्या लहान भांड्यांतील हवेचें वजन जरी फार थोडें भरेल तथापि हवेच्या मोठ्या आकारमानाचें वजन पुष्कळ होईल, हें सांगायास नको. उदाहरणार्थ, एका दोनखणी, ह्मणजे १०फूट लांब, १० फूट रुंद व १०फूट उंच, अशा खोलींत१०००घनफूट हवा असते; तेव्हां त्या हवेचें वजन सुमारें १२८०

औंस ह्मणजे एक मण इतकें होईल. या मानानें प-
ह्यातां मोठमोठाल्या इमारतींत कित्येक खंडी हवा
भरली असली पाहिजे. आतां पृथ्वीच्या तळापासून
तों वातावरणाच्या अंतापर्यंत पोंचणाऱ्या अशा वा-
तस्तंभाचें वजन किती भरेल याची कल्पना करा.
प्रयोगावरून असें सिद्ध होतें कीं दरएक चौरस इं-
चावर उभा असलेल्या हवेच्या सोटाचें वजन सु-
मारें १५ पौंड, अथवा ७·५ शेर असतें, व
एका चौरस फुटावर पक्क्या ४० शेरी २७ मणां-
इतकें तें होतें; परंतु हें वजन या सबंध वातस्तंभाचें
होय. त्याच्या लहानसहान भागांचें वजन अगदीं
थोडें असतें हें आतां इतक्यांत सांगितलेंच आहे.

७. हवा सर्व बाजूंनीं पदार्थांस दाबिते. आ-
पला दाब सर्व बाजूंनीं लावण्याची शक्ति पाण्याप्र-
माणें हवेमध्यें आहे. हा घन पदार्थ या भांड्यांत
घातला असतां त्याचा दाब भांड्याच्या तळास मात्र
लागेल, बाजूंस लागणार नाहीं; परंतु भांड्यांत पा-
णी भरल्यास त्याचा दाब जसा तळास तसाच बा-
जूंसही लागेल व बाजूस एखादें भोंक असल्यास
त्यांतून पाण्याची धार तावडतोब बाहेर पडेल.
पाण्यामध्यें एखादें रिकामें भांडें दाबिलें असतां त्या-
वर सर्व बाजूंनीं अथवा दिशांनीं पाण्याचा दाब ब-
सतो, व बाजूस कोठें छिद्र असल्यास त्यांतून पाणी

आत शिरूं लागतें. हा जो पाण्याचा धर्म तो हवें-तही आहे. जेथें जेथें पदार्थास हवा लकटली असते तेथें तेथें हवेचा त्या पदार्थावर दाब असतोच; मग पदार्थाच्या आंतल्या बाजूस ती हवा असो, बाहेर-च्या बाजूस असो, अथवा दोन्ही बाजूंस असो. समुद्रपृष्ठाजवळील प्रदेशांत हा हवेचा दाब दरचौरस इंचावर ७·८ शेर या प्रमाणानें असतो. हवेनें वेष्टित जितके पदार्थ भूपृष्ठावर आहेत तितक्या सर्वांवर हा हवेचा दाब आहेच. पर्वतप्राय मोठे व अतिशयित कठिण अशा पदार्थांवर व त्याचप्रमाणें अतिशयित सूक्ष्म व कोमल अशा पदार्थांवर सारख्याच प्रमाणानें हा हवेचा दाब निरंतर लागून राहिला आहे.

आपल्या नुसत्या तळहाताचें क्षेत्रमान १० चौरस इंचांहून अधिक भरेल; व आपण उताणा, पालथा, लोंवता कसाही हात धरिला तथापि त्यावर सुमारें दोन मणांचा दाब असला पाहिजे, असें सिद्ध होतें. त्याचप्रमाणें सामान्य माणसाच्या शरीराच्या सर्व भागांवरील दाब मोजिला असतां तो सुमारें २० खंडी इतका होईल. एवढा मोठा हवेचा दाब आपल्या अंगावर असतां त्याचा कोणास पत्ताही नाहीं हें मोठें आश्चर्य नव्हे काय? तळहातावर दहा शेरांचें वजन निरंतर तोलून धरण्याचें क्वचितच को-

णास सामर्थ्य असेल. दोनचार खंडी वजनाचा धोंडा उरावर ठेविला असतां हाडांचा चुराडा होऊन पाठपोट एक होऊन जाईल, अशी आपली स्थिति आहे. असें असतां हा एवढा हवेचा दाब आपणांस सहन तरी कसा होतो, अशी साहजिक शंका उत्पन्न होते; परंतु या शंकेचें समाधान करणें अवघड नाहीं. हवेचा दाब शरीरावर चौफेर लागलेला असतो. हाताच्या तळावर जसें २ मणांचें ओझें आहे तसेंच हाताच्या पाठीवरही दोन मणांचें ओझें आहे. हात टेबलावर ठेवून त्यावर मणकी ठेविल्यास हाताचा चुराडा होईल, परंतु मध्यें एखादी मऊ बिरदी घातल्यास हातास दुखापत होणार नाहीं. आतां हवा हा जगांतील सर्व मऊ पादार्थांहून अत्यंत मऊ असा पदार्थ आहे; याचा दाब इतक्या नाजूक रीतीनें शरीरास लागतो कीं कोणताही एकच भाग अधिक चेंगरण्याची मुळींच भीति नाहीं; व हा दाब दोन विरुद्ध बाजूंनीं तंतोतंत सारखा लागल्यानें आपआपलें समतोलन करून घेतो. शिवाय दुसरें असें कीं, शरीर हें अस्थि, चर्म, स्नायु, मज्जा इत्यादि पदार्थांचें बनलें आहे. या सर्व पदार्थांचीं अतिसूक्ष्म रंध्रें रक्ताभिसरणामुळें कांहीं द्रवरूप पदार्थांनीं निरंतर भरलेलीं असतात. द्रव हे स्वभावतः दुःसंकोच्य आहेत, म्हणजे दावानें त्यांचें आकारमान कमी होऊं

शकत नाहीं; तेव्हां शरीरावर दाब फार झाल्यास हे द्रव कातडें फाडून बाहेर पडतील किंवा ज्या बाजूस कमी दाब असेल त्या शरीराच्या बाजूकडे वळतील, परंतु आकारानें कमी होणार नाहींत. बोट ठेंचलें किंवा जोरानें दाबिलें तर ही गोष्ट नजरेस येते. आतां हवेचा दाब सर्वत्र शरीरावर सारखा असल्यानें एका भागांतील द्रव पदार्थ दुसऱ्या भागांत शिरण्याचें कारण नाहीं; व शरीरांतून बाहेर पडण्यासही हवेच्या दाबाचाच त्यांस प्रतिबंध होतो; तेव्हां दुःसंकोच्यत्वामुळें ते जागच्या जागीं हवेच्या दाबाशीं समतोलन पावतात. अशी आपली स्थिति जन्मास आल्यापासून असल्यानें हवेचा दाब आपणास कधींच समजून येत नाहीं.

आतां सांगितलेलीं कारणें सजीव व निर्जीव, सर्व पदार्थांस सारखींच लागू पडतात, व म्हणूनच पतंगाच्या अतिनाजूक पंखास किंवा साबणाच्या फेंसाच्या फुग्यास यत्किंचितही दुखविण्यास हवा असमर्थ आहे.

८. हवेचा दाब एका बाजूनें लागल्यास असह्य होतो. परंतु ही हवेच्या दाबाची अनपायिता कोठपर्यंत ? जोंपर्यंत ती दोन्ही बाजूंस समतोल आहे तोंपर्यंत. एका बाजूस कमी व दुसऱ्या बाजूस अधिक असा हवेचा दाब झाला कीं मग तो अगदीं

दुःसह होतो. हवेचा दाब कमी करण्याचे मुख्य दोन मार्ग आहेत. त्यांपैकीं एक हा कीं पात्रांतील हवा उष्ण करावी ह्मणजे ती प्रसरण पावते व कांहीं बाहेर पडते. अशा वेळीं पात्राचें तोंड बंद केलें असतां व पात्र थंड होऊं दिलें असतां हवा परत संकोच पावते व तिचा आंतील दाब कमी होतो. तुमडीमध्यें असा प्रकार घडतो. भांड्यांत कापूर जाळून किंवा अन्य रीतीनें हवा तापवून तें अंगाशीं घट्ट दाबिलें असतां हवा निवाल्यावर आंतील दाब कमी होतो, व ज्या शरीराच्या भागावर भांडें लाविलें असेल त्यास तें आंतील कमी दाबामुळें चिकटून जातें. बाकीच्या शरीरभागांवरील दाब पूर्ववत् कायम असल्यानें त्यांतील द्रवरूप पदार्थ या कमी दाबाच्या बाजूस वळतात, व त्यामुळें भांड्याखालच्या शरीरभागास फुगवटा येतो, व केव्हां केव्हां रक्तवाहिन्या फुटून त्यांतून रक्त वाहूं लागतें. पोटांतील वायूच्या प्रसरणानें तो भाग फुगतो,* किंवा शोषणानें रक्त बाहेर पडतें असें तुह्मी समजत असाल तर ती चूक आहे.

* मराठी सहाव्या पुस्तकांत (पृ० ९९—१०१) या गोष्टीचें जें विवेचन केलें आहे तें बहुतेक चुकीचें आहे. असें असतां त्याविषयीं कोणी बोभाटा केल्याचें ऐकण्यांत नाहीं. याचें कारण ट्रेनिंग कालेजांत भावी शिक्षकांस शास्त्रीय विषयाचें मिळावें तसें ज्ञान मिळत नाहीं हें एक असावें, व जेव्हां शिक्षक शाळांतून अशा प्रकारचे धडे शिकवितात तेव्हां त्यांस नुसत्या शब्दार्थापलीकडे विषयाची कांहींच माहिती नसावी.

हवेचा एका बाजूचा दाब कमी करण्याचा दुसरा मार्ग वाताकर्षक यंत्रानें हवा विरळ करणें हा होय. या यंत्रानें पात्रांतील हवी तेवढी हवा काढितां येते. या यंत्रानेंही कोणास पाहिजे तर तुमडी लावून दाखवितों. आपल्या तोंडांतही कांहींशी वाताकर्षका-प्रमाणेंच रचना आहे. त्यामुळें किल्लीच्या भोंकांतील हवा विरळ करून ती आपणांस जिभेस चिकटवितां येते; किंवा पाण्यांत नळीचें एक तोंड धरून दुसऱ्या तोंडानें हवा ओढून घेऊन पाण्यास नळींत चढावयास लावितां येतें; किंवा ओंठावर असलेला पदार्थ जि-भेवर आणितां येतो. तोंडाच्या वाताकर्षकत्वानेंही अंगास तुमडी लावितां येते. परंतु वाताकर्षक यंत्रानें हवेच्या दाबासंबंधाचे प्रयोग जितके सुलभपणें व निर्विवादपणें दाखवितां येतात तितके तोंडाच्या वा-ताकर्षणानें दाखवितां येणें अशक्य आहे; तेव्हां वा-ताकर्षकाचे आतां कांहीं प्रयोग दाखवितों.

प्रयोग ३ रा. म्याग्डबर्ग अर्धगोल. (आकृति २ री) **अ** आणि **ब** हे दोन अर्धगोल एकमेकांस बराबर चिकटावे अ-शा तऱ्हेनें चरकावर लाविलेले आहेत. जोंपर्यंत आंत हवा आहे तोंपर्यंत ते जुळून निराळे करण्यास बिलकुल जोर लागत नाहीं; परंतु ते जुळून **क** या कॉकाच्या स्क्रूनें वाताकर्षकास जोडून आंतील हवा काढून घेतल्यावर त्यांस सोडविण्यास फा-रच जोर लागतो. हे गोळ आतां या दोरीस एका कडीनें अ-डकवितों व तुह्मांपैकीं कोणीही या दुसऱ्या कडीस खुशाल लों-

चकाळी घ्या. ते एकमेकांपासून सुटणार नाहींत. सारांश या दोन गोळांच्या आंतील बहुतेक हवा काढून घेतल्यानें आंतून हवेचा फारच थोडा दाब उरला आहे; परंतु बाहेरील हवेचा दाब कायम असल्यानें सुमारें २ मणांच्या ओझ्यानें ते परस्परांशीं आंवळले गेले आहेत असें त्यांच्या आकारावरून सिद्ध होतें; व ज्याचें वजन २ मणांहून कमी त्यास ते सोडवितां येणार नाहींत; गोळ एकदां चिकटल्यावर ते कसेंही धरिले तरी सुटत नाहींत, यावरून हवेचा दाब सर्व दिशांनीं सारखा आहे हें सिद्ध होतें.

प्रयोग ४ था. ही कांचेची नळी दोन्ही बाजूंनीं खुली आहे. तिचें एक तोंड वाताकर्षकाच्या तबकडीवर ठेवितों व दुसऱ्या तोंडावर कोणी तरी आपला तळहात ठेवा (आ. ३). आंतील हवा कमी होतांच हातावर वरून कोणी अदृश्यपणें जोरानें दाबीत आहे असें वाटेल, व तो दाब सहन न झाल्यानें 'नको नको' असें तुह्मी ओरडाल. आतां ह्या नळीच्या तोंडावर हा घट्ट चिवट कागद बांधितों. पहा वाताकर्षकयंत्रानें थोडीशी आंतील हवा कमी करितांच कागद फाटून गेला व एकदम हवा आंत शिरल्यानें मोठा आवाज झाला.

प्रयोग ५ वा. लांकूड, वेत, वगैरे पदार्थांतील रंध्रें हवेनें भरलेलीं असतात व त्यांतून हवा संचार करूं शकते असें मागें सांगितलें. तें दाखविण्याकरितां हा एक उभा नळासारखा आच्छादक वाताकर्षकाच्या तबकडीवर ठेवितों व त्याच्या तोंडावर ही तबकडी ठेवितों. या तबकडीस मध्यें वेताचा तुकडा बसविला आहे, त्याचें एक टोंक बाहेर हवेंत आहे व दुसरें आच्छादकांत पाण्यानें भरलेला ग्लास आहे त्यांत बुडविलें आहे (आ. ४). आतां यंत्र चालू करितांच पहा कसे पाण्यांतून हवेचे शेंकडों बुडबुडे बाहेर निघत आहेत. वेताच्या बाहेरील

तोंडास जी लांकडाची वाटी बसविली आहे तींत आतां पारा ओतितों. तोही हवेच्या दुर्निवार दाबानें वेताच्या रंध्रावाटें कणशः खालीं ग्लासांत उतरेल. एक लांकडाचा तुकडा शिशाच्या तुकड्यास बांधून या पाण्यानें भरलेल्या ग्लासांत सोडून व ग्लास वाताकर्षकाच्या तबकडीवर ठेवून वर आच्छादक ठेवितों. लांकडाच्या रंध्रांत हवा भरलेली आहे, तथापि चहूंकडून पाण्याचा सारखा दाब असल्यानें ती बाहेर पडत नाहीं; परंतु यंत्र सुरू करितांच आच्छादकांत कमी दाब झाल्यानें रंध्रांतील हवा प्रसरण पावते, व पाण्याच्या दाबास न जुमानतां बुडबुडे होऊन बाहेर पडते. झाडांचीं पानें सच्छिद्र असतात, व त्या छिद्रांत हवा जाऊन भरते; ती तेथें काय कार्य करिते हें पुढें सांगेन. तूर्त त्या छिद्रांतून ती बाहेर काढून दाखवितों. प्रयोगाची रचना लांकडाच्या तुकड्यांतील हवा काढिली त्याच प्रकारची केली आहे.

१०. वायुभारमापक यंत्र. हवेचें वजन व तज्जन्य दाब, हीं बरोबर सूक्ष्मपणें कशीं मोजावीं याविषयीं आतां थोडें सांगतों. दाब मोजण्याच्या यंत्रास वायुभारमापक यंत्र असें म्हणतात. या यंत्राचा इतिहास ध्यानांत ठेवण्यासारखा आहे. सन १६४० मध्यें फ्लारेन्स नामक शहरांतील कांहीं कारागीर पाणी शोषण्याचा एक मोठा पंप तयार करीत होते. तेथील बड्या ड्यूकच्या राजवाड्यांतील विहिरीचें पाणी या पंपानें उंच नेण्याचा त्यांचा बेत होता. त्यांनीं पंपाची नळी व इतर सामान अगदीं उत्तम प्रकारें तयार केलें, तथापि पाणी सुमारें ३३ फुटां-

हून वर चढेना व पुढें काय करावें हें त्यांस सुचेना. ३३ फुटांहून अधिक पाणी कां चढत नाहीं याविषयीं त्यांनीं तेथील मोठमोठ्या तत्त्ववेत्त्यांस प्रश्न केला, परंतु कोणासच सयुक्तिक उत्तर देतां येईना; तेव्हां त्यांनीं या प्रश्नावर ग्यालिलिओचा अभिप्राय विचारिला. त्या काळच्या धर्माभिमान्यांनीं ग्यालिलिओचा मोठा छल व अप्रतिष्ठा मांडिली होती. तथापि विशालबुद्धीविषयीं व लोकोत्तर सृष्टिज्ञानाविषयीं त्याची ख्याति त्याच्या परमशत्रूंमध्येंही कमी झाली नव्हती. ग्यालिलिओस त्यावेळीं ७६ वें वर्ष लागलें होतें व तो दोन्हीही डोळ्यांनीं अगदीं अंधळा झाला होता. तेव्हां त्यास प्रयोग करून पहातां आले नाहींत, व त्यामुळें त्यासही या प्रश्नास समर्पक उत्तर देतां येईना; व तो थोडयाच काळानें पुढें मरण पावला. पुढें त्याचा शिष्य टारिसेली यानें प्रयोग करून पाहिले व वायुभारमापक यंत्राची कल्पना काढिली. त्यापूर्वीं पंपांत पाणी कां चढतें याविषयीं युरोपांतील तत्वेत्त्यांची एक विलक्षण समजूत होती. ते ह्मणत "सृष्टीस पोकळी आवडत नाहीं;" तेव्हां कोठें पोकळी झाली कीं सृष्टि ती तावडतोब भरून काढिते; व ह्मणूनच पंपाचा किंवा पिचकारीचा दट्या वर ओढिला कीं त्याच्या मागोमाग रिकाम्या जागेंत पाणी

शिरतें; परंतु राजवाड्यांतील पंपांत जेव्हां ३३ फुटांहून अधिक पाणी चढेना तेव्हां ते चकित झाले; कारण ३३ फुटांपलीकडे पोकळी असल्यास सृष्टि तिची फिकिर करीत नाहीं असें ह्मणण्याचा त्यांस प्रसंग आला! "सृष्टीस पोकळी आवडत नाहीं" अशा प्रकारच्या काल्पनिक सिद्धांतांची टर उडविण्यास प्रथम ग्यालिलिओनें सुरुवात केली, व तत्कालीन प्रयोगशून्य शास्त्रांच्या त्यानें पुष्कळ चुका दाखविल्या व फारच उपहास केला. आरिस्टाटलच्या ग्रंथांचीं अंधपरंपरान्यायानें पारायणें करून आपणांस तत्वज्ञानी ह्मणविणाऱ्या त्या काळच्या लोकांनीं याच कारणामुळें व विशेषतः धर्मसंबंधी दुराग्रहांमुळें ग्यालिलिओचा अत्यंत छल केला; परंतु या प्रकारानें ग्यालिलिओचें शरीर मात्र त्यांच्या अटकेंत सांपडलें, त्याच्या मानसिक शक्ति, त्याचें धैर्य, व त्याची सत्यस्थापनाविषयींची अनिवार्य उत्कटेच्छा, हीं त्यांच्या हस्तगत झालीं नाहींत. सृष्टिशास्त्रांत प्रयोगानें जें ठरेल तेंच खरें, हा सिद्धांत प्रथम त्यानें स्थापित केला; व ह्मणूनच त्यास प्रयोगसिद्ध शास्त्रांचा आदिपुरूष अशी पदवी प्राप्त झाली आहे. असो. त्याचा शिष्य टारिसेली यानें सृष्टीची आवडनावड एकीकडे ठेवून, पंपांत पाणी चढण्याचा व हवेचा कांहीं संबंध असावा असें अनुमान

केलें व तदनुरोधानें प्रयोग आरंभिले. त्यानें विचार केला कीं पाणी ३३ फुटांहून अधिक वर चढत नाहीं; पारा ही धातु पाण्याहून १३.५ पट जड आहे; तेव्हां पारा ३३ फुटांचा १३.५वा हिस्सा म्हणजे सुमारें ३० इंच मात्र चढला पाहिजे, व वरतीं पोकळी राहिली पाहिजे. असा विचार करून त्यानें एक ३ फूट लांबीची एका तोंडास बंद अशी नळी घेऊन ती पूर्णपणें पाऱ्यानें भरिली (प्रयोग ६ वा आकृति ५), व तोंड अंगठ्यानें दाबून पाऱ्याच्या एका भांड्यांत तें बुडविलें व मग अंगठा काढून घेतला; तेव्हां त्यानें केलेल्या अनुमानाप्रमाणें पारा नळींत उतरत उतरत ३० इंचांवर येऊन थांबला. तीस इंचांच्या वरच्या नळीच्या भागांत शुद्ध पोकळी उरली हें उघड आहे; या पोकळीस अथवा पूर्ण निर्वात स्थलास 'टारिसेलीनिर्मित पोकळी' अशी संज्ञा प्राप्त झाली आहे. तीस इंचांपर्यंत जो पारदस्तंभ उभा राहतो त्यास हवेचा भार अथवा दाब हेंच कारण असा टारिसेलीनें सिद्धांत केला. आतां सांगितल्या प्रकारच्या यंत्रास **वायुभारमापक** यंत्र असें ह्मणतात; तें आतां तुह्मांस प्रत्यक्ष करून दाखवितों. टारिसेलीचा सिद्धांत खरा किंवा खोटा याची प्रतीति पाहण्याकरितां **पास्कल** यानें असें सुचविलें कीं, भारमापक यंत्र पर्वताच्या शिखरावर घे-

ऊन जावें, कारण तेथें गेल्यावर बराच वातावरणाचा भाग खालीं राहतो, व त्या भागाच्या वजनाच्या मानानें वरतीं हवेचा दाब कमी होईल, व भारमापकांत पारा तीस इंचांहूनही बराच खालीं उतरेल. याप्रमाणें प्रयोग करून पाहतां प्रत्यक्ष अनुभवास आलें. तेव्हांपासून वातावरणाच्या वजनाविषयीं व दाबाविषयीं लोकांची खात्री झाली, व पंपांत वगैरे पाणी कां चढतें याविषयीं खरें कारण लोकांच्या ध्यानांत आलें.

याप्रकारचें एक यंत्र तयार करून त्यांतील पाऱ्याची उंची बरोबर मोजण्याकरितां एक आंखलेली पट्टी नळीस जोडिली असतां हवेचा दाब केव्हां किती आहे व तो कसा केव्हां कमीजास्त होतो हें सुलभपणें मोजतां येतें. हें यंत्र हवेच्या गतिसंबंधाची माहिती मिळविण्यास, पर्वतांची उंची मोजण्यास, व ढग, पाऊस, तुफान वगैरे वातावरणाच्या भावी स्थितीचा आधीं अंदाज करण्यास फार उपयोगीं पडतें. या कारणामुळें पारदस्तंभाच्या उंचींत अतिशय सूक्ष्म फेरफार झाला असतां तोही मोजतां येईल अशीं उत्तम भारमापकयंत्रें वेधशाळांतून ठेविलेलीं असतात, व तेथें दररोज दरतासाची त्यांची उंची टिपून ठेवितात.

एक चौरस इंचावर चार इंच पारा ओळंब्यांत

उभा असल्यास त्याचें वजन १ शेर भरतें, व त्याचा दाब त्या चौरस इंचावर एक शेर इतका होतो. समुद्रपृष्ठाच्या समपातळींत जेथें पारा ३० इंच उभा राहतो तेथें हवेचा दाब चौरस इंचावर ७.५ शेर इतका होतो, व याच प्रमाणानें जशी पाऱ्याची उंची कमजास्त असेल तसा चौरस इंचावरील दाब कमी जास्ती होईल. वातावरणाचा दाब सांगतांना तो बहुधा शेरांत सांगत नाहींत, भारमापकांत पारा किती इंच उभा राहतो त्या इंचांनीं तो सांगण्याची पद्धत आहे. एका वातावरणाचा दाब तीस इंच (ह्मणजे चौरस इंचास ७.५ शेर) असें धरून याहून अधिक दाब सांगायाचा असल्यास दोन, तीन, किंवा चार वातावरणांचा दाब आहे असें ह्मणतात; तसेंच कमी दाब असल्यास अर्धा, पाव, इत्यादि वातावरणांशांचा दाब आहे असेंही ह्मणण्याचा प्रघात आहे.

११. हवेची स्थितिस्थापकता, प्रसरणशीलता व संकोचनशीलता. हवेच्या अंगीं स्थितिस्थापकता हा गुण पूर्णपणें आढळतो. दाबानें तिचें हवें तेवढें संकोचन करितां येतें; परंतु दाब पहिल्याइतका केल्याबरोबर ती पूर्वाकार धारण करिते. प्रवाही पदार्थांच्या दोन जाति आहेत, द्रवरूप पदार्थ व वायुरूप पदार्थ. दोन्ही जातींच्या पदार्थांत स्थितिस्था-

पकता हा गुण पूर्णत्वानें आढळतो. याशिवाय आण-खी पुष्कळ गुण द्रव व वायु या दोहोंसही साधारण आहेत. परंतु जो गुण द्रवांत नाहीं व जो वायुरूप पदार्थांतच पूर्णत्वानें आढळतो तो हा कीं, वायूंस अपरिमेय प्रसरणशीलता व तशीच संकोचन-शीलता आहे. त्यामुळें हवेवरील जों जों दाब कमी करावा तों तों ती अधिकाधिक जागा व्यापूं लागते, व जों जों अधिक दाब करावा तों तों तिचें आ-कारमान कमी कमी होत जातें. याप्रमाणें हवेव-रील दाबांत व तिच्या आकारमानांत व्युत्क्रम प्रमाण आहे. दुप्पट, चौपट, दसपट अधिक दाब केला तर निमपट, चतुर्थांश, दशांश असें तिचें आकारमान होतें; उलट निमपट, चतुर्थांश, दशांश दाब केला तर दु-प्पट, चौपट, दसपट आकारमान वाढतें. हवेच्या आकारमानांत व दावांत व्युत्क्रम प्रमाण असतें हा नियम **बॉइल व म्यारियट** यांनीं सिद्ध केला, म्ह-णून त्यास बॉइलचा किंवा म्यारियटचा सिद्धांत असें ह्मणतात. हवेचे हे सर्व गुण आतां प्रयोगानें दाखवितों.

प्रयोग ७ वा. ही एक ६ फूट लांब कांचेची नळी आहे. हिचें एक तोंड बंद आहे, व दुसरें पाण्यानें भरलेल्या ग्लासांत बुडवून ग्लास व नळी वाताकर्षकाच्या तबकडीवर ठेवितों व वरतीं हें घंटापात्र बसवितों. शिवाय एक रबरी फुगा थोडी हवा आंत फुंकून व तोंड बंद करून घंटपात्रांत टांगून ठेवितों. (आ० ६) आतां यंत्र चालू केल्यावर काय काय होतें तें

पहा. जसजशी हवा बाहेर पडत आहे तसतसा ग्लासावरील हवेचा दाब कमी होत आहे, व तसाच नळींतील हवेवरीलही दाब कमी होत आहे व ती प्रसरण पावून नळींत न मावल्यानें पाण्यांतून बुडबुड्याच्या रूपानें बाहेर पडत आहे. फुग्यांतील हवेस याप्रमाणें बाहेर पडण्यास वाट नाहीं, त्यामुळें ती प्रसरण पावून फुगा पहिल्यापेक्षां किती मोठा झाला आहे पहा. आतां नळींतून बहुतेक हवा बाहेर गेली आहे तेव्हां यंत्र बंद करून बाहेरील हवा पुनः आंत सोडून देऊं. नळींत शिलक राहिलेल्या हवेनें प्रसरण पावून सर्व नळी व्यापिली होती; परंतु आतां हवा पुनः आंत शिरल्यानें ग्लासांतील पाण्यावर जसजसा दाब वाढत आहे तसतशी नळींतील हवा संकोच पावत आहे, व त्याच दाबानें ग्लासांतील पाणी नळींत शिरत आहे. पहा बहुतेक नळी पाण्यानें भरून गेली; शेवटास मात्र थोडी हवा दिसत आहे. त्या तेवढ्या हवेनें दाब कमी झाला होता तेव्हां आपल्या प्रसरणशीलत्वानें सर्व नळी व्यापिली होती; परंतु आतां दाब वाढल्याबरोबर ती किती संकोच पावली आहे पहा ! या प्रयोगावरून हवेची निःसीम प्रसरणशीलता व तशीच संकोचनशीलता व्यक्त होते. दुसरें असें पहा कीं, या रबरी फुग्याचा आकार आतां पुनः पूर्वीइतका झाला आहे, याचें कारण हवेची स्थितिस्थापकता होय. ही नळी जर ४० फूट लांब असती, व आपण तिच्यांतील सर्व हवा काढून घेतली असती तर तींत येथें सुमारें ३३ फुटांपर्यंत पाणी वर चढलें असतें व वरतीं निर्वात स्थल राहिलें असतें, व हें एक पाण्यानें भरलेलें भारमापक यंत्रच झालें असतें.

प्रयोग ८ वा. आतां हें येथें आपण मर्गा तयार केलेलें भारमापक यंत्र आहे. याच्या खालच्या भांड्यांतील पाऱ्याच्या सपाटीवर हवेचा दाब आहे. द्रव पदार्थांचा असा एक गुण आहे कीं, त्यांच्या सर्व सपाटीवर सारखा दाब असल्याखेरीज ते

स्थिर होत नाहींत. यामुळें बाहेरील पान्याच्या समपातळींत जो नळींतील पान्याचा भाग आहे त्यावर उभ्या पान्याचा जो दाब आहे तो बाहेरील हवेच्या दाबाइतकाच असला पाहिजे, व म्हणूनच समतोलन होऊन पारा स्थिर आहे. आतां हें यंत्र वाताकर्षकाच्या तबकडीवर ठेवून वर घंटापात्र बसवून (आ० ७) खालच्या भांड्यांतील पान्याच्या सपाटीवरील हवेचा दाब आपण कमी करूं. पहा, असें केल्यानें नळींतील पारा खालीं उतरूं लागला आहे; व सर्व हवा काढून घेतल्यास आंत बाहेर पारा समपातळींत येईल व नळी रिकामी होईल. हा प्रयोग पाहिल्यावर हवेच्या दाबानें नळींत पारा उभा राहतो, व पान्याच्या उंचीवरून तो दाब मोजितां येतो, वगैरे गोष्टींविषयीं मुळींच शंका उरणार नाहीं.

प्रयोग ९ वा. म्यारियटच्या सिद्धांताप्रमाणें **दाब** व **आकारमान** यांमध्यें व्युत्क्रम प्रमाण असतें हें दाखविण्याकरितां **अ ब क ड** ही एक वांकडी नळी घेतों. (आ० ८.) हिची **अब** ही बाजू आंखूड असून **अ** तोंड बंद आहे, व दुसरी बाजू **कड** लांब असून तोंड खुलें आहे. प्रथमतः आंत थोडा पारा ओतितों व तो दोन्ही बाजूंस **बक** या समपातळींत आणितों. तेव्हां आतां **अब** या नळीच्या भागांत जी हवा कोंडलीं गेली तिचा दाब **कड** यांतील खुल्या हवेच्या दाबाइतका असला पाहिजे, नाहींतर पारा समपातळींत राहिला नसता. तेव्हां **अब** या भागांतील हवा एका वातावरणाच्या दाबाखालीं आहे हें उघड आहे. **अब** हा नळीचा भाग ६ इंच लांब आहे. आतां **ड** या खुल्या तोंडांतून आणखी पारा ओतूं, तो इतका कीं, पान्याच्या दोहोंकडील पातळींत २८ इंचांचें अंतर पडावें; कारण पुण्यांत भारमापकाची उंची सुमारें २८ इंच असते, तेव्हां येथील वातावरणाचा दाब २८ इंच पान्याइत-

काच होय. असें केल्यावर **अब** बाजूस पारा चढून **इ**पर्यंत येतो, ह्मणजे **अब** ही सहा इंचांची जागा व्यापणारी हवा आतां ३ इंच जागेंत संकोच पावून राहिली आहे; कारण त्या हवेवर दोन वातावरणांचा दाब झाला आहे,—ह्मणजे **ड** येथें दाबणारें स्वतः वातावरण व त्याच्या खालीं वातावरणाइतका-च दाबणारा **फ**पासून **ड**पर्यंत २८ इंच उंचीचा पारदस्तंभ, या दोहों मिळून दोन वातावरणांचा दाब उत्पन्न होतो व तो **इ** या **फ**च्या समपातळींत असलेल्या भागास पोंचून **अ इ** भागांतील हवेस दाबितो व त्या हवेच्या दाबाशीं समतोलन पावतो.

१२. हवेचा दाब कोठें किती आहे. पृथ्वीच्या स-पाटीपासून वातावरणांत जों जों वर जावें तों तों हवा विरळ होत जाते, या गोष्टीचें कारण आतां तुमच्या सहज लक्षांत येईल. वातावरणाचे हजार हजार फूट खोलीचे सारखे थर आहेत असें आपण कल्पिल्यास, पृथ्वीतलाशीं चिकटून जो थर अ-सेल त्यावर वरील बाकीच्या सर्व थरांचा भार अ-सलाच पाहिजे, म्हणून तो थर सर्वांपेक्षां अधिक दावला जाईल व अधिक घट्ट हवेचा बनला असेल. त्याच्या वरच्या थरावर या खालीं राहिलेल्या थराचा भार असूं शकत नाहीं; वरच्या थरांचा मात्र असणार; तेव्हां तो या तळच्या थराहून कमी दाबलेला, व कमी घट्ट, अथवा अधिक विरळ, असला पाहिजे. याप्रमाणें जों जों वर जावें तों तों हवा अधिकाधिक विरळ होत जाते, व सुमारें पांचसहा मैलांच्या उं-

चीवर गेलें असतां तेथील हवेच्या विरळतेमुळें श्वासोच्छ्वासाचीही अडचण पडते.

वायुभारमापक यंत्र घेऊन वातावरणांत उंच चढूं लागलें कीं भारमापकांतील पारा खालीं उतरूं लागतो. समुद्रपृष्ठापासून कांहीं थोड्या अंतरापर्यंत दर ९०० फुटांस सुमारें एक इंच पारा उतरतो, त्यामुळें भारमापकाच्या साहाय्यानें आपण हवेंत किती उंच आलों हें ढोकळ रीतीनें कळतें. मुंबई समुद्रपृष्ठाच्या सपाटीला आहे, तेथें भारमापकाचा पारा ३० इंच उंचीचा असतो. मुंबई सोडून घांट चढून वर आलें ह्मणजे पारा सुमारें दोन अडीच इंच उतरतो, व त्यावरून आपण समुद्रपृष्ठापासून सुमारें २००० फूट उंच आलों असें दिसून येतें. पुण्याची उंची २००० फूट आहे; येथें भारमापकाची उंची सरासरीनें २७·८ इंच इतकी असते. बेळगांवची उंची २५५० फूट आहे तेथें भारमापक सरासरीनें २७·३ इंच असतें. दार्जिलिंगची उंची ६९००फूट आहे; तेथें भारमापक २३·४ इंच असतें. लेहे हें ठिकाण ११५०० फूट उंच आहे; तेथें भारमापक १९.५ इंच असतें.

समुद्रपृष्ठापासून फारच उंच गेल्यास उंचीच्या मानापेक्षां हवेच्या विरळतेचें मान अधिक जलद वाढत जातें; व भारमापकांतील पारा विरळतेच्या

प्रमाणानें खालीं उतरतो. तीन मैल उंचीवर पारा १६ इंच असतो, चार मैलांवर १३ इंच, पांच मैलांवर १०·५ इंच, ६ मैलांवर ८·५ इंच. याहून वरच्या प्रदेशांत अशाच प्रमाणानें वातावरणाचा दाब कमी होत गेला असला पाहिजे हें स्पष्ट आहे.

१३. **हवेची उद्धरणशक्ति.** प्रवाही पदार्थांचा असा एक साधारण गुण आहे कीं, कोणताही पदार्थ त्यांमध्यें बुडविला असतां त्यावर त्या प्रवाहीचा सर्व बाजूंनीं दाब बसतो. या प्रवाहींच्या दाबाचा एक परिणाम असा होतो कीं, त्यामुळें प्रवाहींत बुडविलेला पदार्थ आपल्या खऱ्या वजनाहून हलका लागतो; ह्मणजे, ज्या प्रवाहींत तो बुडविलेला असतो त्या प्रवाहीमध्यें जितकी जागा त्यानें व्यापिली असेल तितक्या आकारमानाच्या त्या प्रवाहीच्या वजनाइतकें पदार्थाचें वजन कमी होतें; अर्थात् प्रवाहीनें तितकें त्याचें वजन स्वतः उचलून धरिल्यासारखें होतें, ह्मणून या गुणास प्रवाहींची **उद्धरणशक्ति** असें आपण म्हणूं. पातळ पदार्थांच्या संबंधानें ही गोष्ट सर्वांच्या अनुभवास आलीच असेल. धोंडा दोरीस टांगून पाण्यांत सोडिला कीं त्याचें तत्काळ वजन कमी झालें असें भासतें. हवेमध्येंही पदार्थांची अशीच स्थिति होते. हवेमध्यें जेवढे पदार्थ आहेत, तेवढ्या

सर्वांचें वजन त्यांच्याच आकारमानाच्या हवेच्या वजनाइतकें कमी झालेलें असतें. एक घन फूट आकाराचा पदार्थ हवेंत टांगून धरिल्यास त्याचें वजन त्याच्या खऱ्या वजनापेक्षां १.२८ अंसांनीं म्हणजे सुमारें तीन तोळ्यांनीं कमी होईल. पदार्थांचें वजन ठरविण्याकरितां आपण त्यांस तराजूंत घालून जोखितों. ज्याचें वजन करायाचें तो पदार्थ एका पारड्यांत टाकून दुसरीकडे लोखंडी वजनें घालतों, व दांडी समतोल झाली म्हणजे लोखंडी वजनाइतकेंच पदार्थाचें वजन आहे असें समजतों. व्यवहारदृष्ट्या असें समजण्यास हरकत नाहीं; परंतु सूक्ष्म दृष्टीनें पाहिलें असतां, लोखंडी वजनाचें व वजन केलेल्या पदार्थाचें आकारमान अगदीं बरोबर असल्याखेरीज दोघांचें खरें वजन सारखें होऊं शकत नाहीं. कारण लोखंडी वजनें व वजन करायाचा पदार्थ दोघेंही हवेंत कांहीं जागा व्यापितात; ह्मणून ते उभयतांही तितक्या हवेच्या वजनानें हलके झालेले असतात. दोहोंपैकीं ज्याचा आकार मोठा, त्याच्या वजनाचा अधिक भाग कमी होतो. ज्याचा आकार लहान त्याच्या वजनाचा थोडा भाग कमी होतो. त्यामुळें तराजूंत जे पदार्थ सारख्या वजनाचे दिसतात त्यांपैकीं ज्याचा आकार मोठा त्याचें खरें वजनही दुसऱ्यापेक्षां अधिक असलें पाहिजे. पदार्थाचें सूक्ष्म-

पणें खरें वजन काढण्यास तराजू पूर्णनिर्वात स्थलीं ठेवून वजन केलें पाहिजे. हवेंत केलेलीं वजनें खरीं नसतात हें दाखविण्याकरितां एक प्रयोग करूं.

प्रयोग १० वा (आ० ९) अ हा एक बुचाचा गोळा तराजूस एका बाजूस लावितों, व दुसऱ्या बाजूस ब हें पितळेचें वजन लावितों. दोन्ही हवेंत बरोबर भरत आहेत, व कांटा अगदीं समतोल आहे; परंतु बुचाचा गोळा आकारानें मोठा असल्यानें त्याच्या खऱ्या वजनापैकीं कांहीं भाग कमी झाला आहे. पितळेच्या खऱ्या वजनापैकीं तितका मोठा भाग कमी झालेला नाहीं. जर तराजू आच्छादकाखालीं ठेवून वाताकर्षकानें आंतील हवा काढून घेतली तर प्रत्येकास त्याचें त्याचें कमी झालेलें वजन पुनः प्राप्त होईल; व नंतर तराजूच्या दांडीवर त्यांचीं खरीं वजनें लागू झाल्यानें बुचाचा गोळा अधिक वजनदार ठरेल. पहा हवा जसजशी कमी होत आहे तसतशी दांडी बुचाच्या बाजूस खालीं येत आहे, परंतु आतां पुनः हवा आंत सोडूं; पहा दांडी पुनः समतोल झाली.

पाण्यापेक्षां एखादा पदार्थ हलका असल्यास तो पाण्याच्या सपाटीवर अर्धवट बुडून तरंगत राहतो; कारण त्याचा जो थोडा भाग पाण्यांत बुडतो तेवढ्या आकाराच्या पाण्याचें वजन त्याच्या सबंध वजनाइतकें होतें; त्यामुळें तो पाण्यांत खालीं जाऊं शकत नाहीं. हवेमध्यें हवेहून हलका पदार्थ सोडिल्यास त्याचीही अशीच स्थिति होईल; परंतु हवेंत जों जों वर जावें तों तों ती अधिकाधिक विरल होत जाते व तिचें वजन अधिकाधिक कमी होत जातें;

तेव्हां हा हलका पदार्थ हवेंत चढतां चढतां इतक्या उंचीवर जाऊन पोंचेल कीं, तेथें त्याचें व त्याच्या आकारमानाच्या हवेचें वजन सारखेंच होईल. मग त्या पदार्थास तेथून खालींही येतां यावयाचें नाहीं किंवा वरही जातां यावयाचें नाहीं. हायड्रोजन हा वायु हवेपेक्षां सुमारें १४ पटीनें हलका आहे. या वायूनें रबराचे किंवा साबणाच्या फेंसाचे फुगे भरून सोडून दिले असतां ते याप्रमाणें हवेंत तरंगत उंच जातात, हवेनें भरल्यास जात नाहींत, लागलीच किंवा कांहीं वेळानें खालीं पडतात. हल्लींच्या काळचीं विमानें तत्वतः हायड्रोजनच्या फुग्याच्या जातीचीं आहेत. त्यांचें वर्णन पुढील व्याख्यानांत येईल.

१४. हवेचें घर्षण व तज्जन्य विरोध. पातळ व घन पदार्थांप्रमाणें हवेंतून जाणाऱ्या पदार्थांस ती घर्षण करिते व त्यामुळें त्यांचा वेग कमी होतो. नदींतून पलीकडे जाणारास जसा पाण्यांतून घसटत आपला मार्ग काढावा लागतो, त्याप्रमाणें हवेंतून जाणाऱ्या सर्व पदार्थांस हवेंतून आपली वाट काढावी लागते; ह्मणजे ज्या दिशेस जावयाचें असेल त्या दिशेची हवा सारखी दुभंगून मार्गक्रमण करावें लागतें. या घर्षणामुळें हवेमधून चालणारे सर्व पदार्थ कांहीं कालानें स्थिर होतात. कारंज्यांतून उडणाऱ्या धारा प्रथमतः पाण्याच्या कांड्याप्रमाणें दिसतात,

परंतु हवेमधून चालत असतां त्यांचे थेंब थेंब होऊन जातात व थेंबाचेही पुढें बारीक तुषार होतात; ही स्थिति केवळ हवेच्या घर्षणाचा परिणाम होय. हें घर्षण लहानसहान पाण्याच्या प्रवाहासच जर्जर करितें असें नाहीं. ज्याप्रमाणें झारींतून उंचावरून धार धरिली असतां खालीं पडतांना तिचे बारीक बारीक थेंब झालेले आढळतात, व तेही वाऱ्याच्या झुळकीनें वांकडेतिकडे जाऊन पडतात, त्याचप्रमाणें मोठमोठ्या धबधब्यांचीही स्थिति होऊन जाते. ज्यांनीं मोठे धबधबे पाहिले आहेत त्यांनीं पाणी खालीं पडत असतांना जणूं काय कापूस पिंजला आहे असें तें फेंसाळून गेलेलें पाहिलें असेल. तें पाणी खालीं पडल्यावर तर त्यापासून निवळ फेंस व तुषारांचा पर्वत उत्पन्न होतांना दिसतो व त्यांत इंद्रधनुष्येंही दिसतात. याचें कारण हवेचें घर्षण होय. घर्षण झालेली हवा पाण्याशीं मिसळून पाणी फेंसाळतें. ती हवा पाण्याबरोबर खालीं पडून दाबली गेल्यानें आपल्या स्थितिस्थापकतेनें पुनः प्रसरण पावूं लागते, व पाण्याचे बारीक कण करून त्यांस उंच उडवून नेते.

जर हवा नसती तर झारीपासून भूमीपर्यंत सारखी पाण्याची कांडी खालीं पडली असती. एखादें मोठें तुळवट उंचावरून ढकललें असतां तें ज-

सें खालीं पडल्यावर उशी खात जातें तसा धबधब्यांतील पाण्याचा ओघ न फुटतां, न पिंजतां मोठमोठ्या लाटांच्या रूपानें खालच्या बाजूस वाहत गेला असता. धबधब्याचें पाणी खालीं पडतांना धों धों असा शब्द ऐकूं येतो; परंतु हवेच्या घर्षणावांचून तें पडलें असतें तर महान् शिळा या कड्यावरून त्या कड्यावर ढांसळून पडतांना जसा आवाज होतो तसा धबधब्याचा ध्वनि झाला असता. या गोष्टीचा प्रत्यय या लहानशा यंत्रानें तुह्मांस येईल. ही एक कांचेची नळी आहे (आ० १०) व तींत पाणी मात्र आहे, हवा मुळींच नाहीं. त्यामुळें पहा कीं नळी उलटी केली असतां नळींत जणूं काय खडे भरले आहेत असा पाणी नळीवर आपटल्याचा आवाज होतो. जर हवा आंत असती तर असा आवाज झाला नसता; कारण हवेच्या मऊ आस्तरणानें पाण्याच्या आघाताचा जोर कमी होतो. दुसरें असें पहा कीं, आंतील पाण्याचे थेंब होत नाहींत, नळी हलविली असतां सबंद पाणी एखाद्या घन पदार्थाप्रमाणें इकडून तिकडे जातें. या यंत्रास ' पाण्याचा घण ' अथवा ' हातोडा ' अशी संज्ञा आहे.

गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाप्रमाणें सर्व पदार्थ, मग ते रेणूंप्रमाणें अगदीं सूक्ष्माकार असोत किंवा

पर्वतशिलाप्रमाणें अत्यंत स्थूल असोत, सर्वांनीं सारख्या अंतरावरून सारख्या वेगानें सारख्या काळांत खालीं पडलें पाहिजे, परंतु अनुभव याच्या अगदीं विरुद्ध आहे. कारण दगड वगैरे जड व कठिण पदार्थ लवकर खालीं येतांना दिसतात; कागद, पीस वगैरे हलके पदार्थ तेवढ्याच उंचीवरून सोडिले असतां त्यांस खालीं येण्यास बराच वेळ लागतो; व धुरळा किंवा ढग हे इतक्या सावकाशपणें खालीं उतरत असतात कीं, ते खालीं पडत आहेत कीं नाहीं हेंच कळत नाहीं. या भिन्न प्रकाराचें कारण हवेचें घर्षण होय. सारख्या वजनाचे, (ह्मणजे ज्यांवर गुरुत्वाकर्षणाचा सारखा परिणाम होतो असे) दोन पदार्थ घेतले असतां त्यांपैकीं जो अधिक भरींव व कमी आकारमानाचा असेल त्यास हवेंतून जातांना हवेच्या घर्षणापासून कमी विरोध होतो; परंतु वजन तितकेंच असून जो कमी भरींव व मोठ्या आकाराचा असेल त्यास घर्षणापासून अधिक विरोध होतो, व त्यामुळें त्याची गति अधिक मंद होते. या कारणामुळें हलके पदार्थ ह्मणजे ज्यांचा वजनापेक्षां विस्तार मोठा ते सावकाश खालीं पडतात. पिसें, कापूस, कागदाचे तुकडे, हीं या जातीच्या पदार्थांचीं उदाहरणें होत. पदार्थाचे जितके बारीक बारीक तुकडे करावे ति-

तर्के प्रत्येक तुकड्याचें वजन कमी कमी होत जातें, परंतु त्या वजनाच्या मानानें पाहतां त्या प्रत्येक तुकड्याचें क्षेत्रफळ फारच वाढलेलें दिसतें. उदाहरणार्थ, एक फूट लांब, रुंद व उंच असा लांकडाचा तुकडा घेतल्यास त्याचें वजन १६ शेर भरेल, व क्षेत्रफळ ६ चौरस फूट होईल. परंतु त्याचे एक इंच लांब, रुंद, व उंच असे तुकडे केल्यास ते १७२८ होतील, इतक्या सर्व तुकड्यांचें मिळून वजन १६ शेर होईल, परंतु ज्याअर्थी प्रत्येक तुकड्याचें क्षेत्रफळ ६ चौरस इंच असतें त्याअर्थी सर्वांचें मिळून १७२८ × ६ चौ. इंच ह्मणजे ७२ चौ. फूट इतकें होणार. सबंध घनफुटाचा तुकडा हवेंतून जात असतां १६ शेरांच्या वजनास ६ चौरस फुटांवर घर्षण करणाऱ्या हवेचा विरोध होतो, परंतु त्याचे १७२८ घनइंचाचे तुकडे हवेंतून जात असतां त्यांच्या एकंदर १६ शेर वजनास ७२ चौ. फुटांवर घर्षण करणाऱ्या हवेचा विरोध होतो. यावरून या सर्व तुकड्यांचे आणखी बारीक तुकडे करीत चालल्यास व अखेरीस अगदीं पीठ केल्यास, त्यास हवेचा केवढा विरोध होईल याची तुह्मी कल्पना करा; मग गुरुत्वाकर्षणानें सर्व पदार्थांस सारखाच वेग प्राप्त होत असतां, कांहीं फारच जलद व कांहीं फारच सावकाश असे

कां खालीं येतात याचें कारण सहज तुमच्या ध्यानांत येईल. ढग हे पाण्याच्या अतिसूक्ष्म कणांचे बनलेले असतात. त्यांची उत्पत्ति उंच वातावरणांत होते, जमीनीपाशीं जे ढग उत्पन्न होतात त्यांस आपण धुकें असें ह्मणतों, दोहोंचेंही अंतःस्वरूप एकच. ढग उत्पन्न झाल्यावर ते धुरळ्याप्रमाणें हवेबरोबर वाहतात. त्यांस खालीं पडतांना फारच मोठा हवेचा विरोध होतो. ते थोडेबहुत खालीं उतरतातच, परंतु जोंवर वातावरणाच्या उंच व थंड हवेंत आहेत तोंवरच ते ढगरूपानें राहूं शकतात, पृथ्वीतळाजवळील उष्णतर हवेंत उतरूं लागलें कीं त्यांची पुनः अदृश्य वाफ होते. त्यामुळें धुरळा जसा कांहीं वेळानें खालीं येऊन बसतो, तसे ढग खालीं उतरत असले तथापि अगदीं खालीं आलेले दिसत नाहींत. पृथ्वीजवळील हवा बरीच थंड असल्यास, अथवा तिजमध्यें अधिक वाफेचा समावेश होण्यास जागा नसल्यास मग मात्र ढग खालीं येत येत अखेरीस त्यांस धुक्याचें स्वरूप येतें. ऐन हिंवाळ्याच्या दिवसांत थंडीमुळें व ऐन पावसाळ्यांत हवा वाफेनें पूर्ण भरली असल्यामुळें याप्रमाणें ढगांचें धुकें बनलेलें दिसून येतें. हवा आपल्या वेगानें ढगांस वाहून नेत असतांही गुरुत्वाकर्षणानें ते हळू हळू उतरतात, परंतु खालच्या उष्ण

हवेनें पुनः बाष्पीभवन पावल्यामुळें मध्येंच नाहींसे होतात, ही गोष्ट हिवाळ्याच्या अखेरच्या दिवसांत रात्रीं ढगांच्या गतीकडे लक्ष दिलें असतां सहज दृष्टोत्पत्तीस येईल.

गुरुत्वानें सर्व पदार्थांस सारखा वेग येतो, त्यांच्या गतींत जें अंतर पडतें तें हवेच्या घर्षणामुळें, इत्यादि गोष्टी प्रथम ग्यालिलिओनें सप्रयोग सिद्ध केल्या. परंतु त्यावेळीं वाताकर्षकाची कल्पना निघाली नव्हती, त्यामुळें त्यास प्रतिपक्ष्यांचें पूर्णपणें समाधान करितां येईना. त्याच्या प्रतिपक्ष्यांचीं यासंबंधानें काय मतें होतीं हें येथें सांगत बसण्याची गरज नाहीं. हल्लीं ग्यालिलिओच्या वरील सिद्धांताच्या यथार्थतेबद्दल यत्किंचितही शंका घेण्यास जागा नाहीं असें पुढील प्रयोगावरून सिद्ध होतें.

प्रयोग ११ वा. वाताकर्षकाच्या तबकडीवर एक उभट व दोन्ही तोंडांनीं उघडा असा हा आच्छादक बसविलेला आहे. (आ. ११). त्याच्या वरच्या तोंडास ही लहान तबकडी बसविलेली आहे. या तबकडीस खालच्या बाजूस पीस ठेवण्यास एक व पैसा ठेवण्यास एक अशा दोन जागा आहेत, व त्यांच्यामध्यें जो दांडा आहे त्यानें पीस व पैसा हीं दोन्ही एकदम खालीं पाडतां येतील अशी रचना केली आहे. प्रथम हवा काढून घेण्यापूर्वीं हीं दोन्ही खालीं पाडून पाहूं. पहा पैसा आधीं खालीं येतो, व पीस मागून कांहीं वेळानें खालीं तबकडीस येऊन पोंचतें. आतां पुनः पीस व पैसा जागच्याजागीं ठेवून हवा काढून घेऊं. आतां लक्ष ठेवा. पहा, दोन्ही एकदम सुटले

व एकदम खालीं येऊन पोंचले. या प्रयोगावरून हवेच्या विरोधानें पदार्थांच्या खालीं पडण्याच्या वेगांत फेर पडतो हें निर्विवाद सिद्ध होतें.

१५. हवा ही ध्वनीची वाहक आहे. पदार्थ जेव्हां कंपित होतो, तेव्हां त्याचा कंप हवेमध्यें एक प्रकारच्या लाटा उत्पन्न करितो, व या लाटा जेव्हां आपल्या कानांवर येऊन थडकतात तेव्हां आपणांस ध्वनीचें ज्ञान होतें. घन व पातळ पदार्थांच्या अंगींही ध्वनिवाहकत्व हा गुण आहे, परंतु तो हवेइतका पूर्णत्वानें नाहीं; व जरी असता तथापि त्याचा आपणांस क्वचितच उपयोग करितां आला असता. तेव्हां जर हवेच्या अंगीं हा गुण नसता तर आपण सर्व बहिरे व मुके असे राहिलों असतों हें स्पष्ट आहे.

एतद्देशीय प्राचीन तर्कशास्त्रवेत्यांनीं 'शब्द हा आकाशाचा गुण' असें ठरविलें होतें. प्रयोगावांचून शास्त्रसिद्धांत करणें हें किती साहसाचें काम आहे, व त्यापासून किती खोट्या समजुती उत्पन्न होण्याचा संभव आहे, याविषयीं मागें थोडा उल्लेख केलाच व पुढें पुनः करण्याचा प्रसंग येणार आहे. त्या अर्थी येथें इतकेंच सांगतों कीं, 'शब्द हा आकाशाचा गुण' हा सिद्धांत इतर अनेक प्रयोगशून्य सिद्धांतांप्रमाणें खोटा आहे. पदार्थमात्रांच्या कंपापासून

शब्दाची उत्पत्ति आहे; तथापि विशेषेंकरून वायूचा हा गुण आहे असें ह्मटल्यास चालेल; कारण आपणांस ध्वनीचा जो बोध होतो तो मुख्यत्वेंकरून वायुकंपाच्या लाटा कर्णेंद्रियावर आपटून होतो. पूर्ण निर्वातस्थलीं ध्वनि उत्पन्न करणारे पदार्थ, ह्मणजे घंटा वगैरे, ठेविल्यास त्यांचे आघात व कंपन जरी डोळ्यानें दिसतें तथापि ध्वनि बिलकुल ऐकूं येत नाहीं, हें आतां प्रयोगानें दाखवितों, ह्मणजे हवेच्या ध्वनिवाहकत्वाविषयीं तुमची खात्री होईल.

प्रयोग १२ वा. वाताकर्षकाच्या तबकडीवर हा एक आच्छादक ठेवितों; याच्या आंत दोन बारीक तारांनीं विजेची घंटा टांगिली आहे. या तारांच्या द्वारें विजेचा प्रवाह घंटेंतून जाऊं लागला म्हणजे घंटेवर ठोके पडूं लागतील ते तुम्हांस दिसतील. प्रयोग चालू आहे तोंपर्यंत ठोके एकसारखेच पडत आहेत असें तुमच्या दृष्टीस पडेल. आतां विजेचा प्रवाह सुरू करितों, व हवा आच्छादकांत असतां केवढा घंटेचा नाद निघत आहे हें नीट ध्यानांत ठेवा. आतां हवा काढायास आरंभ करितों, पहा नाद कमी होत होत अगदीं अस्पष्ट झाला आहे. आणखी कांहीं वेळ यंत्र चालवूं. आतां विजेच्या तारेंतून जो किंचित् नाद बाहेर पडत आहे त्यावाचून अधिक कांहीं एक ऐकूं येईनासें झालें आहे. आतां पुनः हवा आंत सोडितों; पहा हळू हळू नाद मोठा मोठा होत चालला व आच्छादक हवेनें भरल्यामुळें आतां तो पूर्ववत ऐकूं येत आहे.

१६. हवेचे प्रकाशावर परिणाम. स्वच्छ आकाशाकडे पाहिलें असतां त्याचा रंग निळा दिसतो. या

रंगाच्या संबंधानें सृष्टीशास्त्रवेत्यांचें असें मत आहे कीं, हवेंत जो पाण्याच्या वाफेचा अंश आहे व जे अतिसूक्ष्म रजःकण फार उंचपर्यंत हवेंत तरंगत राहतात, त्यांवर प्रकाशाचें परावर्तन होऊन आकाशास हा रंग प्राप्त होतो. जों जों उंच, कोरड्या व विरळ हवेंत जावें, तों तों आकाशाचा निळेपणा कमी होत जातो व तें काळें पडूं लागतें. परंतु कित्येकांचें असेंही मत आहे कीं, जरी हवेचे पातळ थर रंगहीन दिसतात, तथापि वास्तविकपणें हवेचा रंग निळा आहे; व म्हणूनच दूरदूरचे पदार्थ हवेंतून निळसर दिसतात, व तसेंच आकाशास जो निळा रंग दिसतो तो मूळ वातावरणाचा रंग होय. तें कसेंही असो, इतकें निर्विवाद आहे कीं, आकाशाच्या निळ्या रंगाचें कारण कोणत्या तरी प्रकारानें वातावरण आहे.

सूर्य उगवण्यापूर्वी व सूर्यास्तानंतर जो संधिप्रकाश राहतो, त्याचेंही कारण वातावरणच होय. पहांटेस म्हणजे सूर्यकिरण भूपृष्ठास येऊन पोंचले नाहींत अशा वेळीं वातावरणाच्या अत्युच्च प्रदेशांत त्यांचा प्रवेश झालेला असतो, व तेथें ते परावर्तन पावल्यानें पूर्व दिशेकडील वातावरण किंचित् प्रकाशित दिसतें. जों जों सूर्य क्षितिजाच्या जवळ जवळ येऊं लागतो तों तों वातावरणाच्या खालच्या खालच्या



भागास किरण येऊन पोंचतात. या भागांत हवा अधिकाधिक घट्ट होत गेल्यामुळें व ह्मणून तिजमध्यें वाफ, धुकें व रजःकण यांचा अधिकाधिक भरणा असल्यामुळें, अधिकाधिक किरण परावर्तन पावतात, व दिशा अधिकाधिक किरणांनीं व्याप्त होतात. क्षितिजाखालीं किंवा क्षितिजाजवळ सूर्य असतो तेव्हां त्याच्या किरणांस पृथ्वीतलापर्यंत येऊन पोंचण्यास मध्यंतरीं वातावरणांतून बरेंच लांबपर्यंत तिरपें चालावें लागतें, त्यामुळें त्याच्या सप्तरंगी किरणापैकीं तांबडे मात्र अवशेष राहतात, बाकीचे वाटेंतच अपग्रस्त होऊन नाहींसे होतात. परंतु सूर्य क्षितिजापर्यंत येऊन जसा जसा वर चढूं लागतो तसा तसा त्याच्या किरणांस वातावरणांतून जवळचा व अधिक सरळ मार्ग मिळतो; व मग क्रमशः नारिंगी पिंवळ्या व इतर रंगाच्या प्रकाशकिरणांचा प्रादुर्भाव होऊन त्या सर्वांच्या एकत्र संमीलननें सूर्यतेज आपली साहजिक शुभ्रता व प्रखरता धारण करितें.

जर चंद्राप्रमाणें पृथ्वीसही वातावरण नसतें, तर संधिप्रकाश मुळींच पडला नसता; भावी सूर्यतेजाची प्रखरता सहन व्हावी ह्मणूनच कींकाय, जो प्रथमतः अरुणोदय होतो तोही झाला नसता; सूर्योदयापूर्वी मध्यरात्रीप्रमाणें पूर्ण अंधकार, व सूर्यक्षितिजावर येतांच मध्यान्हाप्रमाणें प्रखर ताप,

तो सूर्यास्तापर्यंत, व नंतर एकदम पुनः गाढ अंधकार अशी येथें स्थिति असती. वातावरण व तद्गत रजःकण यांनीं दिवसा सूर्यकिरण सर्वतः विकीर्ण केल्यानें सर्व आकाश तेजानें भरून गेलेलें दिसतें, व ताऱ्यांचा लोप होतो; परंतु वातावरणाच्या अभावीं दिवसांही तारे स्पष्ट दिसले असते, व सूर्य आणि तारे यांनीं व्यापिलेला भाग खेरीज करून बाकी सर्व आकाश रात्रीप्रमाणें काळें भोर राहिलें असतें. ताऱ्यांच्या किरणांस वातावरणाचा प्रतिबंध झाल्यामुळेंच रात्रीं ते लुकलुक करितांना दिसतात व जणूं काय आपणाकडे ते पहातच आहेत असें वाटतें; परंतु वातावरणाच्या अभावीं हे सर्व तारे निश्चल प्रकाशाच्या बिंदूंप्रमाणें भासले असते.

या सर्व गोष्टींवरून हवेचे प्रकाशकिरणांवर जे परिणाम होतात ते आपणांस किती उपयोगाचे आहेत, व सृष्टीसही त्यांमुळें किती रमणीयता व आल्हादकत्व आलें आहे, याची तुम्हांस कल्पना करितां येईल.

येथपर्यंत हवेच्या सामान्य प्रकृतिगुणांचें वर्णन झालें. हें व्याख्यान आतां येथेंच संपवितों; पुढील व्याख्यानांत हवेच्या प्रकृतिगुणांवर अवलंबून असणाऱ्या यंत्रांचें विवरण करूं.

व्याख्यान दुसरें.

—ः∗ः—

हवेवर अवलंबून असणारीं यंत्रें.

१ हवेचा यांत्रिक कामाकडे उपयोग. हवेच्या सामान्य प्रकृतिगुणांचें मागील व्याख्यानांत विवरण केलें. या व्याख्यानांत त्या गुणांवर ज्यांचीं कार्यें अवलंबून आहेत, अशा यंत्रांचें व युक्त्यांचें वर्णन करितों. हवेचे धर्म माहीत झाल्यानें त्यांपासून आपणांस कसा फायदा होतो, व सुधारलेल्या देशांत हवेस कसें कामास लाविलें आहे, इत्यादि गोष्टींची थोडीशी माहिति देण्याचा आज माझा उद्देश आहे.

हवेच्या प्रकृतिगुणांविषयीं लोकांस फारसें ज्ञान नव्हतें तेव्हांही त्यांनीं तिच्या वेगापासून व अवरोधापासून होणारीं कार्यें करून घेतलीं. उदाहरणार्थ, नावेस व जहाजांस शिडें लावून तीं हकारून इष्ट दिशेस नेण्याची युक्ति फार प्राचीन काळापासून लोकांस माहीत आहे. तसेंच हवेच्या जोरानें फिरणारा खांब करून त्याच्या गतीनें जातीं फिरवायाचीं, ह्मणजे पवनचक्क्या करावयाच्या, हीही युक्ति फार दिवसांची आहे. क्वचित् प्रसंगीं थंड प्रदेशांत बर्फानें गुळगुळीत झालेल्या जमीनीवरून जावयाचें असल्यास वारा अनुकूल पाहून पाटीस शिडें लावून मा-

असें चालण्याचा श्रम वांचवितात! वाऱ्याच्या जोरानें आगगाडीचे डबे कित्येक वेळां आपोआप पळूं लागतात, ही गोष्ट तुह्मांस ऐकून माहीत असेल; या गोष्टीचा फायदा करून घेण्याकरितां, जेथें वारा जोराचा व नियमित दिशेनें वाहतो अशा कांहीं ठिकाणीं शिडांनीं रुळावरून चालणाऱ्या गाड्या केलेल्या आहेत. अशा प्रकारचीं उदाहरणें पाश्चात्य देशांत पुष्कळ सांपडतात. या देशांत सृष्टशक्तींचा होईल तितका उपयोग करून घ्यावा, मनुष्यांचे श्रम वांचवावे अथवा हलके करावे, व मानवी सुखांत भर पाडावी, इकडे लोकांचा प्राचीनकाळापासून मुळींच कल नाहीं. त्यामुळें ज्या गोष्टींचें लोकांस ज्ञान आहे त्या गोष्टींपासूनही फायदा करून घेण्याची त्यांस इच्छा नसते. एखादी गोष्ट जशी पूर्वी अज्ञानावस्थेंत आमचे पूर्वज करीत आले तशीच आह्मी करीत राहणार; त्यांत नवीन युक्ति काढून सुधारणा करणें आह्मांस बहुधा नको असतें, व असल्या यांत्रिक कामाकडे बुद्धीचा व्यय करणें आमच्या वेदांतपर मनास बहुधा पसंत पडत नाहीं. ज्या गोष्टी शास्त्रज्ञानावांचूनही घडण्यासारख्या आहेत, त्या घडवून आणून कोणी आपला फायदा करून घेत आहे, असें आह्मी पाहिलें, तर ' त्यांत काय आहे? ' असे तिरस्काराचे उद्गार आह्मी काढितों. अल्पशास्त्रज्ञानानें

सिद्ध होणाऱ्या उद्योगाविषयीं व कौशल्याविषयीं अशीच आमच्या मनाची स्थिति आहे; व विशेष शास्त्रज्ञान संपादण्याची कोणास फारशी इच्छा नाहीं; तेव्हां त्यापासून फायदे करून घेण्याविषयीं बोलायासच नको. शास्त्र ह्मणजे कांहीं उपयोगी पदार्थ आहे, असें आमच्या लोकांस बहुधा वाटतच नाहीं. एतद्देशीय प्राचीन शास्त्रकारांवरचा भरंवसा उडवून लोकांस अश्रद्ध करणें व कांहीं गमतीचे व अद्भुत चमत्कार दाखवून मनोरंजन करणें, यापलीकडे या विलायती शास्त्रांचा कांहीं उपयोग नाहीं अशी लोकांची समजूत आहे! विलायती शास्त्रांचा उपयोग विलायतवाल्यांसच होणार, त्यांपासून आपणांस काय मिळायाचें आहे? असेही उद्गार केव्हां केव्हां ऐकूं येतात. या आमच्या मानसिक स्थितीमुळें फार प्राचीन काळापासून आह्मी शास्त्राभ्यासंग सोडून घोकंपट्टींतच गुंग होऊन गेलों आहों. वेदांतपर मनोवृत्ति करून घेऊन, व शारीरिक अवश्यकतांचा होतांहोईल तितका संक्षेप करून, जें थोडें प्राचीन कलाकौशल्य होतें तेंही आह्मी हल्लीं विसरून गेलों आहों. इंग्रजी राज्यापूर्वीच्या हजार पांचशें वर्षांत मुसलमानांनीं कांहीं कांहीं कौशल्यें या देशांत आणिलीं, व मुसलमानांच्या ऐषआरामी स्वभावामुळें व एतद्देशीयांनीं त्यांचें थोडेंबहुत अनुकरण

केल्यामुळें त्या कौशल्यांचा या देशांत बराच प्रसार झाला. परंतु हल्लीं इंग्रजांच्या श्रेष्ठतर कलाकौशल्यापुढें तेंही कौशल्य टिपून नाहींसें होत आहे, व पाश्चिमात्य कौशल्य कसें प्राप्त करून घ्यावें हें आह्मांस कळत नाहीं. एकंदरीनें पहातां ज्ञानानें व कौशल्यानें दोहोंनींही आह्मी पंगू बनलों आहों. ही गोष्ट आतांशी कोठें थोडी लोकांच्या नजरेस येऊं लागली आहे, व पाश्चिमात्य प्रयोगसिद्ध शास्त्रांवर पाश्चिमात्य कौशल्य सर्व प्रकारें अवलंबून आहे, याविषयीं थोडा बोध उत्पन्न होत चालला आहे. या सुचिन्हांवरून या खऱ्या शास्त्रांकडे लौकरच लोकांची प्रवृत्ति होईल अशी अशा उत्पन्न होते.

वायुशास्त्राचीं आपण केवळ मूलतत्वें शिकत आहों, त्याअर्थी हवेवर अवलंबून असणाऱ्या अगदीं सोप्या यंत्रांचें मात्र येथें वर्णन करितां येईल. हीं यंत्रें करण्यास अगदीं सुलभ आहेत व गृहकृत्यांत त्यांचा वारंवार उपयोग होण्यासारखा आहे. युरोपियन लोकांच्या गृहसामुग्रींत यांपैकीं कांहीं आवश्यकच गणिलीं जातात; परंतु आमच्या लोकांत अद्याप त्यांचा मुळींच प्रसार नाहीं असें ह्मणण्यास हरकत नाहीं. तथापि थोडें कौशल्य ज्याच्या अंगीं आहे त्यास तीं करण्यास, अथवा दुरुस्त ठेवण्यास फारसें अवघड जाईल असें मला वाटत नाहीं.

२. वाताकर्षक यंत्र. हवेवर अवलंबून असणाऱ्या सर्व यंत्रांत वाताकर्षक यंत्र हें शास्त्रदृष्ट्या मुख्य गणिलें पाहिजे; कारण त्याच्या सहायानें हवेच्या गुणांविषयीं प्रथम सर्वांस बोध झाला. परंतु या यंत्राचें वर्णन करण्यापूर्वी पुष्कळ वायुप्रेरित यंत्रांत 'झडप' अथवा 'पडदा' म्हणून एक भाग असतो त्याविषयीं थोडी माहिती दिली पाहिजे, कारण त्या भागाच्या क्रियेवर या अनेक यंत्रांचें कार्य अवलंबून असतें. झडपांचे पुष्कळ प्रकार आहेत त्यांपैकीं येथें तीन मात्र सांगतों.

झडपेचें मुख्य काम हें कीं तिनें प्रवाही पदार्थ, म्हणजे वायु अथवा द्रव यांस एका दिशेनें जात असतां वाट द्यावी; परंतु तद्विरुद्ध दिशेनें जाऊं देऊं नये. अ (आकृति १२) हा झडपेचा पहिला प्रकार आहे. यंत्राच्या ज्या भागास ही झडप लाविली असते तो भाग वाटोळा दाखविला आहे; त्याच्या भोंवतालच्या कडेस एक खांच आहे, व मध्यें एक भोंक आहे. त्या भोंकावर रेशमी मेणकापडाचा तुकडा पसरला आहे व त्याचीं दोनही टोंकें कडेच्या खांचेवर नेऊन त्या खांचेंत दोऱ्याच्या वेष्टनानें पक्कीं बांधून टाकिलीं आहेत. हा मेणकापडाचा तुकडा दोन बाजूंनीं गुंतेल व बाकी दोन बाजूंनीं खुला राहील, व भोंकाचें पूर्ण आच्छादन करील असा

लांबोडा कापलेला आहे. आतां ही झडपें आपलें काम कसें बजाविते तें पहा. झडपेच्या खालून मधल्या भोंकानें हवा आल्यास ती झडपेस उचलून दोन बाजू खुल्या ठेविल्या आहेत तिकडून बाहेर पडेल; परंतु झडपेच्या वरून हवेचा दाब झाल्यास तो जितका अधिक असेल तितकी ती भोंकाच्या भोंवतालच्या भागास अधिकच घट्ट चिकटून बसेल, व हवेचा मार्ग बंद करील.

ब ही दुसऱ्या जातीची झडप आहे. यंत्राच्या ज्या भागास ती लाविली असते त्या भागाचा छेद सरळ रेषेनें दाखविला आहे. त्यांत मध्यें शंक्काकार भोंक आहे, व झडपही शंक्काकार आहे. तीस वरतीं एक दांडा अथवा कमान असते तिजमुळें ती खालीं वर सरळ रेषेंत मात्र हलूं शकते. आतां झडपेच्या खालून पाणी किंवा हवा आल्यास ती आपल्या दाबानें झडपेस उचलून वरतीं बाहेर पडेल; परंतु वरून प्रवाहीचा दाब झाल्यास भोंकांत घट्ट बसेल, व प्रवाहीस खालीं जाऊं देणार नाहीं.

क ही तिसऱ्या जातीची झडप आहे. या झडपेच्या प्रकारांत भोंकावर बिजागरीनें एक पातळ पत्रा बसविला आहे. प्रवाहीचा खालून दाब झाल्यास त्या पत्र्यास उचलून प्रवाही बाहेर पडतो, परंतु व-

रून दाब झाल्यास तो भोंकावर घट्ट चिकटून प्रवाहीस खालीं जाऊं देत नाहीं.

याप्रमाणें हे तीन झडपांचे प्रकार सांगितले. निरनिराळ्या यंत्रांत निरनिराळ्या प्रकारच्या झडपा लावाव्या लागतात, परंतु सर्वांची क्रिया एकच आहे; ती ही कीं प्रवाहीचा आगम किंवा निर्गम दोहोंतून एक होऊं द्यावयाचा, व दुसरा बंद करायाचा, तोही त्याच प्रवाहीच्या दाबानें.

आतां वाताकर्षकाची रचना समजण्यास सोपें पडेल. हीं यंत्रें पुष्कळ प्रकारचीं आहेत, परंतु त्यांपैकीं ज्याची रचना अगदीं सोपी त्याचें मात्र येथें वर्णन करितों; तें तुमच्या लक्षांत आल्यावर इतर अनेक प्रकारच्या यंत्रांची रचना आपोआप तुमच्या ध्यानांत येईल. (आ० १३) न हें एक पितळ्याचें नळकांडें आहे; तें आंतल्या बाजूस गुळगुळीत कांतलेलें आहे. त्यांत द हा दट्ट्या खालीं वर फिरतो. नळकांडें तळच्या बाजूस बंद आहे, परंतु त्या तळास एक भोंक आहे, त्यावर ज ही झडप आहे. तसेंच दट्ट्याच्या मधोमध एक भोंक आहे; त्यावरही एक झडप बसविलेली आहे. नळकांडयाच्या तळाशीं जें भोंक आहे त्यापासून एक नळी निघून यंत्राच्या तबकडीच्या मधल्या भोंकास येऊन मिळाली आहे. त्या तबकडीवर आ हा आच्छादक बसविला आहे.

हा आच्छादक तबकडीस पक्का चिकटावा म्ह-णून त्याच्या कोरेस मेण लाविलें आहे व मग तो दाबून बसविला आहे. आच्छादक, नळी व नळकांडें हीं अशीं एकजीव झालेलीं असलीं पाहिजेत कीं, त्यांमध्यें बाहेरून कोठूनही हवा आंत शिरतां कामा नये. नळकांड्यांत दट्ट्याही असा तुस्त फिरला पा-हिजे कीं, त्याच्या बाजूनें नळकांड्यांत बाहेरून हवा शिरूं नये. याप्रमाणें सर्व भाग वायु-निर्भेद्य आहेत अशी खात्री झाल्यावर यंत्र चा-लू करावें.

प्रथम दट्ट्या नळकांड्याच्या तळाशीं आहे असें समजूं. तो आतां वर ओढितांच नळकांड्याच्या तळापासून दट्ट्याच्या तळापर्यंत मधली जागा नि-र्वात होईल. या निर्वात जागेंत दट्ट्याच्या वरून ह-वा येऊं शकत नाहीं; कारण झ ही झडप वरच्या दाबानें बंद होईल अशी लाविलेली आहे. परंतु नळकां-ड्याच्या तळची ज ही झडप आतां उघडेल. कारण तिजवर वरून दाब मुळींच नाहीं, तेव्हां नळीवाटे येणारी आच्छादकांतील हवा झडपेवर खालून दाब करून तीस उचलील व नळकांड्यांत शिरेल. या-प्रमाणें नळकांड्याच्या माथ्यापर्यंत दट्ट्या गेला म्ह-णजे आच्छादक व नळी यांमध्यें असलेली हवा प्र-सरण पावून आच्छादक, नळी व नळकांडें इतकी

जागा व्यापील, व यंत्राच्या या तीनही भागांत तिचा सारखा दाब होईल. हा दाब बाहेरील वातावरणाच्या दाबाहून कमी आहे हें उघड आहे; कारण हवेनें ज्या मानानें अधिक जागा व्यापिली आहे त्या मानानें तिचा दाब कमी झाला पाहिजे. आतां दट्ट्या खालीं दाबूं. या वेळीं दोन्ही झडपांवर उलट परिणाम घडतो. जों जों दट्ट्या खालीं येतो तों तों नळकांड्यांत आलेल्या हवेचा संकोच होऊं लागतो, त्यामुळें तिचा दाब वाढतो, व दट्ट्या तळाशीं येईपर्यंत हा दाब वातावरणाच्या दाबाहून अधिक होतो. हा दाब ज या झडपेस वरून लागला आहे तेव्हां ती अर्थात् बंद होणार व त्यामुळें हवेस परत आच्छादकांत जातां येत नाहीं. परंतु झ या झडपेस तो खालून लागला आहे व तो वातावरणाहून अधिक होतो, या कारणामुळें ती झडप उचलते व नळकांड्याच्या तळाशीं दट्ट्या गेला म्हणजे सर्व हवा बाहेर पडून सामान्य हवेंत जाऊन मिसळते. त्याअर्थी एकवार दट्ट्या वर जाऊन खालीं परत आल्यावर आच्छादकांत पूर्वींपेक्षां कमी हवा उरेल हें स्पष्ट आहे. याप्रमाणें दट्ट्या खालीं वर करितां करितां दर खेपेस आच्छादकांतील थोडी थोडी हवा बाहेर पडल्यानें अच्छादक अधिकाधिक निर्वात होत जाईल; पूर्ण निर्वात होऊं शकत नाहीं, कारण नळकांड्यांत नि-

र्यात जागा झाल्यामुळें आच्छादकांतील हवा प्रसरण पावून तिचा कांहीं भाग झडप उचलून नळकांड्यांत शिरतो. आच्छादकांतील हवा तेणेंकरून अधिकाधिक विरळ व कमी दाबाची होते. अखेरीस तिचा दाब इतका कमी होतो कीं, तीस झडपेचेंही वजन उचलत नाहीं; मग अवशेष राहिलेली हवा आच्छादकांतून नळकांड्यांत जाऊं शकत नाहीं; व पुढें यंत्र चालविण्यांत फायदा नाहीं. यंत्र चांगलें दुरुस्त असल्यास हवेचा फारच थोडा अंश आच्छादकांत राहील.

शास्त्रीय प्रयोगांत वाताकर्षकाचा फारच मोठा उपयोग होतो हें सांगावयास नकोच. कित्येक रसायनक्रिया निर्वातस्थलीं कराव्या लागतात, तेव्हां रसायनांत याचा उपयोग लागतो. कृतीनें बर्फ करण्याच्या कामीं, व आणखी कित्येक धंद्यांत या यंत्राची गरज लागते, तेव्हां हीं यंत्रें एवढीं मोठालीं करितात कीं, तीं चालविण्यास वाफेचीं एंजिनें लावावीं लागतात. असल्या मोठ्या यंत्रांच्या उपयोगाचीं पुढें कांहीं उदाहरणें देण्यांत येतील.

२. वातपूरक यंत्र. या यंत्राचें कार्य वाताकर्षकाच्या उलट आहे. एखाद्या भांड्यांत मोठ्या दाबानें पुष्कळशी हवा किंवा दुसरा कोणताही वायु भरायाचा असल्यास या यंत्राचा उपयोग होतो. या-

ची रचना वाताकर्षकाप्रमाणेंच आहे. भेद इतकाच कीं, याच्या झडपा वाताकर्षकाच्या उलट लाविलेल्या असतात. ज ही शंकाकार झडप (आ. १४) नळकांड्याच्या तळास खालून लाविलेली आहे; व झ ही झडप पाहिजे तर दट्ट्यांत खालून लावावी; परंतु ती नळकांड्याच्या तळाकडील बाजूस आंतून लाविल्यास अधिक सोईची पडते. लहान यंत्रास नळकांड्याच्या तळाशीं नळी जोडण्याचें कारण नाहीं, तेथें एक स्क्रू असला ह्मणजे झालें; या स्क्रूनें ज्या भांड्यांत वायु भरायाचा असेल त्यास यंत्र जोडितां येतें.

या यंत्रानें वातपूरणाचें काम कसें होतें तें पहा. दट्ट्या तळापासून वर ओढिला असतां नळकांड्यांत निर्वात जागा होते; परंतु भांड्यांतील हवा नळकांड्यांत येऊं शकत नाहीं; कारण ज ही झडप खालून लाविलेली आहे, तेव्हां ती भांड्यांतील हवेच्या दाबानें घट्ट होऊन बसेल. परंतु झ ही झडप उघडेल, व बाहेरील हवा नळकांड्यांत शिरेल. दट्ट्या खालीं आणिल्यास आंत आलेली हवा संकुचित झाल्यानें तिचा दाब वातावरणाहून अधिक होईल, त्यामुळें झ ही झडप बंद होईल; परंतु या वाढत्या दाबानें ज ही झडप उघडेल व नळकांड्यांतील वायु भांड्यांत दाबला जाईल. याप्रमाणें दर खेपेस

एक नळकांडें भरून हवा भांड्यांत घालितां येईल. असें करितां करितां भांड्यांतील वायूचा दाब इतका होईल कीं, दट्ट्या फिरविण्यास अत्यंत जोर लागेल; व कदाचित् त्या जोरानें भांडें किंवा नळकांडें फुटून जाईल.

कांहीं विवक्षित वायु अधिक दाबानें भांड्यांत भरावयाचा असल्यास त्या वायूनें भांडें प्रथम भरून घ्यावें व तें वातपूरकास जोडावें. नंतर त्या वायूनें भरलेल्या थोरल्या भांड्याची नळी, झ ही झडप ज्या ठिकाणीं आहे, तेथें एक स्क्रू ठेविला असतो त्यास जोडावी व मग यंत्र चालवावें.

शास्त्रीय प्रयोगांत एकाहून अधिक वातावरणाचा दाब जेव्हां उत्पन्न करायाचा असेल तेव्हां या यंत्राचा उपयोग करितात. कित्येक वायु अधिक दाबाखालीं आणिल्यानें द्रवरूप धारण करितात; त्यांचा द्रव करण्यास या यंत्राचा उपयोग होतो. मोठमोठाल्या पुलांचे पाये खोल पाण्यांत तळाशीं घालायाचे असतात, तेव्हां वाफेनें चालणाऱ्या वातपूरकांचें काम लागतें. पाण्यांत बुडी मारण्याच्या घांटेंत ताजी हवा पोंचविण्यासही मोठीं वातपूरक यंत्रें लागतात. याशिवाय आणखी पुष्कळ ठिकाणीं वातपूरकाची जरूर लागते, परंतु ते सर्व उपयोग येथें सांगतां येत नाहींत.

भाता हें वातपूरकाच्याच जातीचें यंत्र आहे. त्यास एक किंवा अधिक आंत उघडणाऱ्या झडपा बाहेरील हवा आंत घेण्याकरितां ठेविलेल्या असतात. भाता फुगविला ह्मणजे त्या उघडून तो हवेनें भरतो, दाबला ह्मणजे झडपा बंद होतात, व हवेस तोटीवाटे बाहेर पडावें लागतें.

हवेची बंदूक. वातपूरकानें थोडक्या जागेंत पुष्कळ हवा दाबून भरली असतां तिच्या अंगीं मोठा जोर येतो. 'हवेची बंदूक' ह्मणून एक जातीची बंदूक तयार करितात तींत मागच्या बाजूस एका जाड नळींत हवा भरलेली असते. बंदुकींत छर्रे वगैरे भरून ती उडविली असतां ते दारूनें उडावे तसे उडतात. कार्बानिक आसीड वायु अत्यंत मोठ्या दाबाखालीं आणिल्यास तो द्रवरूप होतो, परंतु दाब कमी होतांच इतक्या जोरानें प्रसरण पावतो कीं, तोफेचे गोळे उडविण्याच्या कामींही त्याचा उपयोग होतो. तोफा व बंदुकी दारूनें उडवितात, त्या वेळीं वास्तविकपणें वायुशक्तीचा आपण उपयोग करितों. कारण दारू घनरूप असते तेव्हां तिचें आकारमान फार थोडें असतें, परंतु ती पेटविली असतां रसायनव्यापारामुळें तिजपासून उत्पन्न होणारे पदार्थ सर्व वायुरूप असतात. ते वायु त्या एवढ्याशा जागेंत मावत नाहींत, व उत्पन्न होतांच

एकदम प्रसरण पावून गोळ्यास ते लांववर झुगारून देतात. या त्यांच्या एकदम प्रसरणानें हवेंत ज्या लाटा उत्पन्न होतात त्या सर्व दिशांनीं पसरतात व आपणास आवाज ऐकूं येतो.

४ जलाकर्षक यंत्रें अथवा पंप. हवेच्या दाबानें पाणी ३३ फूट पर्यंत उंच चढतें हें पूर्वीं सांगितलेंच; तें या मर्यादेच्या आंतच चढवायाचें असल्यास साध्या पंपानें काम होतें, नाहीं तर दाबाचा पंप लागतो

साधा पंप. या यंत्राची रचना थेट वाताकर्षकासारखी असते, म्हणजे त्याच्या झडपा वाताकर्षकाप्रमाणें वर उचलणाऱ्या असतात, व त्या वरच्या दाबानें खालीं घट्ट बसतात. १२व्या आकृतीपैकीं **ब** आणि **क** या जातीच्या झडपा या यंत्रास लावितात. यंत्राची नळी पाण्यांत नेऊन सोडिलेली असते. नळींत केरकचरा जाऊं नये म्हणून तिच्या तोंडास जाळी लाविलेली असते. दट्ट्या वर ओढिला असतां **ज** या झडपेच्या वरच्या बाजूस व **झ** या झडपेच्या खालच्या बाजूस निर्वात होतें (आ. १५) त्यामुळें **झ** ही झडप बाहेरील हवेच्या वरच्या दाबानें बंद राहते व **ज** उचलली जाऊन नळींतील हवा **न** या नळकांड्यांत शिरते व तिच्या मागोमाग पाणी चढूं लागतें. दट्ट्या खालीं येतांना झडपांची उ-

लट स्थिति होते. ज बंद होते, झ उघडते, व नळकांड्यांतील हवा बाहेर जाते. याप्रमाणें सर्व हवा बाहेर गेल्यावर नळकांडें पाण्यानें भरतें व तें झ या झडपेनें बाहेर पडून त या तोटीनें खालीं पडूं लागतें. जों जों पाण्याची खोली अधिक तों तों हें यंत्र चालविण्यास अधिक जोर लागतो. या यंत्रानें २५।२६ फुटांहून अधिक उंच पाणी चढवितां येत नाहीं, कारण पाण्याच्या वर चढण्याच्या वेगास घर्षणादि विघ्नें होतात. शिवाय दट्ट्या फारच घट्ट असल्याखेरीज नळकांडें पूर्ण निर्वात होत नाहीं; परंतु असा घट्ट दट्ट्या हलविण्यास फारच श्रम लागतात. पाणी २५ फुटांहून अधिक चढवायाचें असल्यास दाबाचा पंप लावावा.

दाबाचा पंप. या पंपाची खालची रचना साध्या पंपाप्रमाणेंच असते. (आकृति १६) परंतु दट्ट्यांत झडप नसते; . नळकांड्याच्या तळाजवळ बाजूस एक तोटी असते, तींत वर उचलणारी झडप असते; व या तोटीस नळी जोडून पाणी पाहिजे तितकें उंच नेतां येतें. नळकांड्याच्या माथ्याची उंची २५।२६ फुटांहून अधिक नसली पाहिजे. त या नळीवाटे जितकें उंच पाणी चढवावें तितका दट्ट्या खालीं रेटण्यास अधिक जोर लागतो. दट्ट्या वर उचलतांना ज ही झडप उचलते, व साध्या पंपाप्रमाणें पाणी नळकांड्यांत येतें; पुढें दट्ट्या खालीं दा-

बतांना ज ही झडप बंद होऊन झ ही झडप उघडते, व पाणी नळींत दाबलें जाऊन त या तोटीनें उंच जाऊन पडतें. दट्ट्या खालीं आणितांना त्यावर जितका जोर लावावा तितका तोटीवाटे वाहणाऱ्या पाण्यास वेग येतो.

या दोन जातींच्या पंपांचा व्यवहारांत फारच मोठा उपयोग होतो. रहाटाऐवजीं लहान साधे पंप विहिरीस लाविल्यास विहीर खुली ठेवण्याचें कारण नाहीं, व विहिरीस चांगले झरे लागले असल्यास ती मोठी थोरली बांधण्याचेंही प्रयोजन नाहीं. पंप लावून विहीर बंद केल्यास मुलेंमाणसें विहिरींत पडण्याचें, किंवा कोणी विहिरींत जीव देण्याचें मुळींच भय उरणार नाहीं. अमेरिकेंत घरांत पंप लावण्याकरितां ज्या विहिरी करितात त्या जमिनींत पाणी लागेपर्यंत उभे लोखंडी नळ ठोकून तयार करितात. या नळांत साधा पंप किंवा दाबाचा पंप लावून दिला ह्मणजे झालें. असें केल्यानें विहिरी बांधण्याचा खर्च पुष्कळ वांचतो. वाफेनें चालणारे पंप पुष्कळांनीं पाहिले असतील. हे विहिरींचें, तळ्यांचें, वगैरे पाणी आटविण्यास, व दुसऱ्या अनेक कामांस उपयोगीं पडतात. मोठ्या पुलांचें काम जेथें चाललें असेल तेथें असे पंप दृष्टीस पडतील.

आग विझविण्याच्या पंपांत अथवा बंबांत दो-

न दाबाचे पंप असे मांडिले असतात कीं, एकाचा दट्ट्या जेव्हां खालीं जातो तेव्हां दुसऱ्याचा वर येतो, व दुसऱ्याचा खालीं जातो तेव्हां पहिल्याचा वर येतो; आणि याप्रमाणें अनुक्रमें दोन्ही पंप सारखे चालवितां येतात. दोन पंपांची योजना करण्याचें कारण असें कीं एकच पंप लाविल्यास जेव्हां दट्ट्या खालीं येत असतो तेव्हां मात्र तोटींनें पाणी वर चढेल; परंतु तो वर जात असतां पाणी बंद पडेल. दोन पंप लाविल्यानें व त्यांच्या दट्ट्यांची गति व्यस्त ठेविल्यानें ही अडचण दूर होते, व पाण्याचा प्रवाह अस्खलित चालतो. अशा अस्खलित प्रवाहाची आग विझवितांना मोठी अवश्यकता असते हें उघड आहे. दुसरी अशी योजना केलेली असते कीं, दोन्हीही पंपांचें पाणी दट्ट्यांच्या अनिवार दाबामुळें एका हवेनें भरलेल्या पेटींत प्रथम शिरतें. आकृति १७वी पहाः—इजमध्यें प आणि फ हे दोन दाबाचे पंप आहेत, व ब ही हवेची पेटी आहे; या पेटींत पाणी जोरानें शिरतें तेव्हां आंतील हवेस बाहेर पडण्यास मार्ग नसल्यामुळें ती आंतच संकुचित होऊन दबून राहते. जों जों पाणी पेटींत वर चढतें तों तों हवेचा दाब वाढत जाऊन तो दोन, तीन किंवा अधिक वातावरणांइतका होतो; त्यामुळें या पेटींतून पाण्यास बाहेर पडण्यास जी त ही वाट ठेविली आहे तिनें तें फारच सोसाट्यानें बाहेर

पडतें व पुष्कळ उंच उडतें. ही योजना किती महत्वाची आहे हें तुमच्या सहज लक्षांत येईल.

पिचकारी. पिचकारीचें तोंड पाण्यांत बुडवून दट्ट्या तळाशीं नेऊन वर ओढिल्यास दट्ट्याच्या मागोमाग पाणी येतें तें हवेच्या दाबानेंच होय. पुढें पिचकारी पाण्यांतून बाहेर काढिल्यावर तें पिचकारींतच राहतें, याचें कारण पिचकारीच्या तोंडावर हवेचा दाब असतो हें होय. पिचकारीचें तोंड एवढें मोठें नसावें कीं त्यांतून हवा सहज आंत शिरेल; तसें असल्यास पिचकारींत हवा शिरून पाणी आपोआप गळून जाईल. पिचकारी उडवितांना दट्ट्यानें पाणी पुढें ढकललें जातें, त्यामुळें त्याची धार लांब जाते हें स्पष्टच आहे.

एखाद्या नळीचें एक तोंड पाण्यांत धरून दुसऱ्या तोंडानें नळींतील हवा शोषून घेतल्यास पाणी नळींत चढतें, व नळी फारशी लांब नसल्यास पाणी तोंडांत येतें. याचें कारण पाण्याच्या सपाटीवरील हवेचा दाब होय. आपलें तोंड कांहींसें वाताकर्षकासारखें आहे हें मागें सांगितलेंच. त्यामुळें आपल्या तोंडांतील व नळींतील हवा आपणांस विरळ करितां येते, ती विरळ झाल्यानें तिचा दाब कमी होतो, व बाहेरील हवेच्या दाबानें पाणी नळींत वर चढून तोंडांत येतें. इकडे आपण नळीस तोंड लावून श्वास आंत ओढि-

तों व तिकडे तत्काळ पाणी चढून तोंडांत येतें, हें पाहून आपणांस असें वाटतें कीं, आपणांस दुरून पाणी शोषण्याची, ह्मणजे तें आपणांकडे ओढून घेण्याची, कांहीं विशेष शक्ति आहे; परंतु तसें कांहीं नाहीं. नळीस तोंड लावून शोषण करीत असतां जी हवा आपल्या दाबानें आपले गाल दावून त्यांस खळगे पाडिते, तीच हवा पाण्यास नळींत शिरायास लावून तें आपल्या तोंडांत आणून ओतिते.

९. **हवेचा दाब व केशाकर्षण.** एका बाजूनें बंद अशा नळींत किंवा भांड्यांत पाणी भरलेलें असल्यास व ती नळी किंवा भांडें खालीं तोंड करून धरिल्यास, जर हवेस सहजी आंत शिरतां येईल एवढें तोंड नसेल, तर पाणी खालीं सांडणार नाहीं. पाव इंचाहून बारीक अशा नळींत थोडेसें पाणी घेतलें तर नळी दोन्ही बाजूंनीं खुली असली तथापि तें खालीं पडणार नाहीं. कारण त्या पाण्यावर हवेचा दोन्ही बाजूंनीं सारखाच दाब असतो, तेव्हां पाणी कायतें आपल्या गुरुत्वानें खालीं पडणार; परंतु पाण्यामध्यें व नळीमध्यें जें केशाकर्षण असतें त्यामुळें तें पाणी नळीस चिकटून राहतें, खालीं पडत नाहीं. जितकें नळीचें भोंक बारीक तितका केशाकर्षणाचा जोर अधिक, व त्यामुळें तितक्या अधिक वजनाचें पाणी नळींत तोलून धरलें जातें. याप्रमाणें अगदीं

बारीक बारीक भोंकाच्या तारेच्या जाळीचें दोन्ही तोंडांनीं बंद असें पंचपात्र बनविल्यास तें पाण्यातून भरून काढितां येईल, व तें निश्चल ठेविल्यास त्यांतून पाणी गळणार नाहीं. तसेंच नळकांड्याच्या तोंडांस बारीक विणकरीचें फडकें दोन्हीं बाजूंनीं बांधिल्यास त्यांतूनही पाणी खालीं पडणार नाहीं. या सर्व उदाहरणांत हवेचा दाब खालून वरून सारखाच असतो, व गुरुत्व आणि केशाकर्षण यांचें समतोलन होऊन पाणी बाहेर पडत नाहीं किंवा हवा आंत शिरूं शकत नाहीं.

'पिपेट' किंवा 'बिंदुवाहिनी' नळी (आ० १८) ही या उदाहरणांहून थोडीशी भिन्न आहे. हिचें तोंड इतकें बारीक नसतें कीं, फारसें पाणी नुसत्या केशाकर्षणानें तिजमध्यें राहील; परंतु तें इतकें मोठें नसतें कीं, हवा सहज आंत शिरून पाणी आपोआप गळून जाईल. ही नळी पाण्यांत किंवा कोणत्याही दुसऱ्या पातळ पदार्थांत बुडवून हवी तेवढी प्रथम भरून घ्यावी, व तिचें वरचें तोंड बोटानें दाबून ती बाहेर काढावी. बाहेर काढतांना नळींतील थोडेंसें पाणी बाहेर पडतें, त्या कारणानें नळीच्या रिकाम्या भागांत जी हवा असते ती प्रसरण पावते, व तिचा दाब कमी होतो. त्यामुळें आंतील हवेचा व नळींतील पाण्याचा मिळून दाब बाहेरील हवेइतका

होतो; व ज्यास्त पाणी बाहेर पडूं शकत नाहीं. नंतर थोडेंसें पाणी बाहेर सोडायाचें असल्यास क्षणभर नळीच्या तोंडावरचें बोट उचलावें, व पुनः बंद करावें. असें केल्यानें आंत हवा शिरेल, आंतबाहेर हवेचा दाब सारखा होईल, पाणी आपल्या वजनानें थोडें खालीं गळेल, इतक्यांत आंतील हवा पुनः प्रसरण पावल्यानें तिचा दाब कमी होऊन पाणी गळायाचें बंद होईल.

पातळ पदार्थ थेंब थेंब सोडायाचा असल्यास किंवा बराबर मोजून दुसऱ्या पदार्थांत घालायाचा असल्यास या नळीचा उपयोग होतो. डोळ्यांत पातळ औषधाचे कांहीं थोडे थेंब पाडणें झाल्यास असली नळी फार उपयोगी पडते.

जादूची बाटली.—ही जादूची बाटली पहा. इच्यांत काय आहे तें इतक्यांत सांगत नाहीं. पहा बाटली पालथी करतों. ती रिकामी आहे. आतां जादूनें तींत प्रथम पाणी उत्पन्न करितों व तें या ग्लासांत ओतून दाखवितों. आतां जादूनें पाण्याचें दूध करितों व तें या दुसऱ्या ग्लासांत घालितों. पुनः दुधाची काळीभोर शाई करितों, ती या तिसऱ्यांत ओतितों; परंतु कोणास काळी शाई नको असेल व तांबडी शाई पाहिजे असेल, तर ती या बाटलींत सहज उत्पन्न करितां येईल. पहा या चौथ्या ग्लासांत ही

तांबडी लाल शाई ओतितों; कदाचित् हे चारी प-
दार्थ कोणास नको असतील, व सर्बतासारखा कांहीं
गोड पदार्थ पाहिजे असेल; तोही त्यास या बा-
टलींतून मिळेल. हें सरबत घ्या. या पांच पदार्थांपै-
कीं पुनः कोणताही पदार्थ मागा, तो तुह्माला या
बाटलींतून बिनचूक मिळेल.

याप्रमाणें पाहिल्यावर या बाटलींत काय जादू
आहे ती जाणण्याची तुह्मांस साहजिक इच्छा उत्पन्न
होईल. बाटली पत्र्याची करून तीस काळा रंग
देऊन काचेचीशी दाखविली आहे. (आ० १९.) ति-
च्यांत पांच बिंदुवाहिन्या अथवा पिपेटा बसविल्या
आहेत. त्या प्रत्येकीचीं दोन्ही तोंडें बारीक आहेत;
पैकीं एक तोंड बाटलीच्या तोंडाच्या आंतल्या बा-
जूस उघडतें, व दुसरें बाटलीच्या बाजूस भोंकें दि-
सतात तेथें उघडतें. पांच पिपेटा पांच रंगांनीं प्रथम
भरून घ्याव्या, व नंतर हाताच्या पांच बोटांनीं बा-
जूचीं पांचीं भोंकें दाबावीं; ह्मणजे आंत हवा जाऊं
शकत नाहीं, व आंतील पातळ पदार्थ बाहेर गळत
नाहीं. बाटली पालथी धरून रिकामीशी दाखवितां
येते. मग ज्या कोणत्या रंगाचें पाणी पाहिजे असेल
त्या त्या रंगानें भरलेल्या पिपेटच्या भोंकावरचें बोट
जरा उचलून धरलें ह्मणजे तें पाणी बाहेर येऊं शक-
तें, व अनुक्रमें पांची बोटें उचलीत गेल्यास पांच

रंग एकामागूनएक एकाच बाटलींतून काढितां येतात.

जादूचें नरसाळें—हें याच जातीचें भांडें आहे. (आ० २०) एकांतएक अशीं दोन नरसाळीं डांकानें पक्कीं चिकटविलीं असतात, परंतु दोहोंच्यामध्यें बरेंच पाणी मावण्याइतकी जागा असते. तें पाणी बाहेर येण्याकरितां खालच्या नळींत एक बारीक भोंक ठेविलें असतें, व हवा आंत सोडण्याकरितां कडीमध्यें वरच्या बाजूस दुसरें एक भोंक असतें. तें बंद आहे तोंपर्यंत आंतील पाणी बाहेर येणार नाहीं, व नरसाळें रिकामें दिसेल. मधल्या जागेंत रंगीत पाणी भरून घ्यावें. मग वरून साधें पाणी ओतिलें असतां खालून रंगीत पाणी बाहेर पडतें, किंवा पाहिजे तर साधेंच पाणी खालीं येतें.

६. सायफन् अथवा ऊर्ध्ववाहिनी नळी. आकृति २१वी, हींत दाखविल्याप्रमाणें एखादी नळी वांकवून, एका बाजूस लांब व दुसऱ्या बाजूस आंखूड अशी ती केली ह्मणजे ती सायफन् झाली. नळी प्रथम सबंद पाण्यानें भरून तिचीं दोन्ही तोंडें बोटानें बंद करून आंखूड बाजू भांड्यांतील पाण्यांत सोडून द्यावी, व दोन्हीकडचीं बोटें काढून घ्यावीं. पाणी भांड्यांतून निघून लांब बाजूच्या तोंडानें बाहेर पडूं लागेल, व भांड्यांतील नळीचें तोंड

उघडें पडेपर्यंत पाण्याचा प्रवाह खळणार नाहीं. याप्रमाणें सायफननें जेव्हां पाणी वाहतें तेव्हां तें प्रथम एका बाजूनें वर चढतें व नंतर दुसऱ्या बाजूनें उतरतें. याप्रमाणें पाण्याचा प्रवाह कां चालतो याविषयीं आतां विचार करूं. सायफनची अ तोंडाकडची बाजू आंखूड आहे व ब कडची लांब आहे. सायफन् पाण्यानें पूर्ण भरून घेऊन, दोन्ही तोंडें बोटानें दाबून, तीं तोंडें, चित्रांत दाखविल्याप्रमाणें, खालीं करून सायफन् प्रथम हवेंत धरूं. आतां समजा कीं, दोन्ही बोटें एकदम काढून घेतलीं व दोन्ही तोंडें एकदम खुलीं केलीं, तर पाणी कोणत्या तोंडानें बाहेर पडेल, अनें कीं बनें क दोहोंनींही ? विचाराअंतीं असें दिसून येतें कीं, दोन्ही तोंडांवर खालून हवेचा दाब सारखाच आहे; व तो पाण्यास वर ढकलीत आहे; पाण्याचा खालीं येण्याचा जोर पाण्याच्या उंचीवर अवलंबून असतो, व त्यामुळें ज्या तोंडावर अधिक उंच पाण्याचा स्तंभ आहे त्या तोंडाशीं हवेच्या दाबास अधिक जोराचा विरोध उत्पन्न होतो. हवेचा दाब ३३ फूट पाण्याच्या स्तंभाइतका असतो; सायफनच्या प्रत्येक बाजूची लांबी ३३ फुटांहून कमी असेल.तर आंतील जलस्तंभाचा दाब अथवा खालीं येण्याचा जोर हवेच्या दाबाहून कमी असला पाहि-

जे. तेव्हां दोन्ही बाजूच्या जलस्तंभांचा दाब वजा जातां जो बाकी हवेचा दाब प्रत्येक तोंडावर शि-लक राहील तेवढ्याचा आंतील पाण्यावर परिणाम होणार. अ या तोंडावरील स्तंभाची उंची कमी आहे, ब या तोंडावरील स्तंभाची उंची अधिक आहे; त्याअर्थी अ या तोंडावर हवेचा दाब अधिक शि-लक उरेल, ब या तोंडावर कमी शिलक उरेल, व पाणी अधिक दाबाच्या बाजूनें कमी दाबाच्या बा-जूस जाईल, ह्मणजे अकडून बकडे त्याचा प्रवाह होईल. आतां याप्रमाणें खरोखर घडतें कीं नाहीं तें प्रत्यक्ष पाहूं. पहा दोन्ही तोंडें मोकळीं अस-तांही पाणी आंखूड बाजूकडून लांब बाजूकडे गेलें. आंखूड बाजूचें तोंड पाण्यांत घालून सोडिलें तरी हीं सर्व कारणें पूर्ववत् लागू पडतात. हवेचा दाब भांड्यांतील पाण्यावर लागून तो नळींतील जल-स्तंभास जाऊन पोंचतो, व भांडयांतील पाणीच नळीवाटें बाहेर ढकललें जातें.

सायफननें एका भांड्यांतून दुसऱ्या भांड्यांत पाणी जात असतां जर दोन्ही भांड्यांत पाणी सम-पातळींत येईल तर सायफनमध्यें पाणी स्थिर राही-ल. कारण दोन्ही बाजूचे जलस्तंभ सारखे होतील; व त्यांचा हवेच्या दाबास सारखाच विरोध होईल, त्यामुळें एका बाजूनें दुसऱ्या बाजूस पाणी जाण्याचें

कारण उरणार नाहीं; परंतु हवेचा दाब जलस्तंभांच्या खालीं उतरण्याच्या जोराहून अधिक असल्यानें सायफन् भरलेली राहील; तिच्यांतील पाणी आंत हवा शिरल्याखेरीज खालीं उतरूं शकणार नाहीं.

सायफनच्या दोन्ही बाजू ३३ फुटांहून अधिक असल्यास त्या दोहोंतूनही पाणी खालीं उतरून ३३ फुटांवर येऊन थांबेल; याप्रमाणें दोन पाण्याचीं भारमापकें उत्पन्न होतील, व मध्यंतरीं निर्वात जागा राहील.

सायफनच्या दोन तोंडांमध्यें जितकें अधिक अंतर असेल तितका प्रवाह अधिक जोरानें वाहतो, कारण हवेच्या दोन तोंडांवरील अवशिष्ट दाबांमध्यें अधिक मोठें अंतर पडतें.

सायफनचा उपयोग ताम्हनांतून संध्येचें पाणी हळू हळू वाहून जावें, या कामाकडे केल्याचा पाहण्यांत आहे; परंतु याहून अधिक उपयुक्त कामास हें यंत्र कोणी लाविल्याचें आढळण्यांत नाहीं. उंच हौदाचें पाणी खालीं काक किंवा दट्ट्या नसल्यास सायफननें वरच्या बाजूनें खालीं काढितां येईल, व हौदांतील पाण्याच्या सपाटीखालीं ठेविलेलीं भांडीं भरून घेतां येतील. तसेंच गढूळ पाणी स्थिर ठेवून त्यांतील गाळ खालीं बसल्यावर, भांडें न हलवितां, वरील स्वच्छ पाणी वर-

च्यावर काढून घेण्यास सायफनचा फारच उपयोग होतो. राकाइलच्या डब्यांतून तेल काढून बाटलींत किंवा दिव्यांत भरण्यास केवढा खटाटोप करावा लागतो ! परंतु डब्याच्या कोंपऱ्यास एक भोंक बंद करून ठेविलें असतें तें उघडून त्यांतून आंत सायफन सोडिल्यास, न सांडतां, न घाण सुटतां हवें तेवढें तेल डब्यांतून काढून घेतां येईल. परंतु सायफनच्या खालच्या तोंडास दुसरी एक नळी बसवून तिच्या वरच्या बाजूनें शोषण केलें पाहिजे, नाहीं तर तोंडांत तेल यावयाचें !

वसुदेवाचा पेला म्हणून एक पात्र मिळतें; त्यांत पाणी ओतिलें असतां कांहीं वेळ गळल्यावांचून वर चढत येतें, परंतु तें पेल्यांत नियमित उंचीवर आलें कीं खालून गळूं लागून पेला रिकामा होतो. याचें कारण या उंचीवर पाणी येतांच आंत एक गुप्त सायफन असते ती भरते व तिच्यावाटें पाणी खालीं उतरूं लागतें. या पेल्याची कृति या कांचेच्या पेल्यावरून (आ० २२) लक्षांत येईल.

७. विनधबधब्याचीं कारंजीं. एक उंच धबधबा बांधून तो पाण्यानें भरायाचा, व त्याचें पाणी नळीनें खालीं आणून तें बारीक तोटीनें किंवा हजाऱ्यानें उडवायाचें, ही सामान्य कारंज्यांची रचना होय. परंतु हवेच्या दाबावर अवलंबून असणाऱ्या

कारंज्यांस धबधबा लागत नाहीं. अशा कारंज्यांचे मुख्य तीन प्रकार आहेत. पहिला प्रकार **दाबाचें कारंजें**. याची रचना अशी कीं, एक भांडें पाण्यानें अर्धें अधिक भरायाचें व त्याच्या तोंडांतून एक नळी तळापर्यंत नेऊन तें तोंड वायुनिर्भेद्यपणें बंद करायाचें. मग नळीवाटें तोंडानें किंवा वायुपूरकानें आंत जाईल तितकी हवा भरून नळी खुली करून द्यावयाची. आंत भरलेल्या हवेच्या दाबानें पाणी उंच उडूं लागतें व भांडें रिकामें होतें. (आ० २३. हींत हजाऱ्याचें पाणी सरळ उंच उडून खालीं पडत आहे असें दाखविलें आहे.) अशा प्रकारचें कारंजें आतां उडवून दाखवितों.

दुसरा कारंज्याचा प्रकार असा कीं, एक उंच आच्छादक एका निराळ्या तबकडीवर बसवून वाताकर्षकानें त्यांतील हवा काढून घ्यावी. त्या तबकडीस वरतीं कारंज्याची तोटी व खालीं एक लांब काक असलेली नळी आधींच बसवून ठेविलेली असावी. आच्छादक निर्वात झाल्यावर काक बंद करून तबकडी वाताकर्षकापासून सोडवावी व तिची खालची नळी पाण्यांत बुडवून काक उघडावा. बाहेरील हवेच्या दाबानें पाणी आच्छादकांत कारंज्यासारखें उडेल व तो बहुतेक भरून जाईल. (आ० २४) या कारंज्याच्या प्रकारास **निर्वात कारंजें** असें

ह्मणूं. अशा प्रकारचें कारंजें आतां उडवून दाखवितों.

हिरानचें कारंजें. आ० २८ इजमध्यें हिरानच्या कारंज्याची रचना दाखविली आहे ती लक्षांत आणा, ह्मणजे मग प्रत्यक्ष तें कारंजें उडवूं. या आकृतींत अ आणि ब हे दोन डबे आहेत. वरचा डबा अ हा प्रथम पाण्यानें भरून घेऊन बंद करायाचा. कारंज्याची नळी न ही या डब्याच्या तळापर्यंत येऊन पोंचली आहे. अ या डब्यांत जर कांहीं प्रकारानें हवेचा दाब उत्पन्न केला तर न या नळीवाटें पाणी उडूं लागेल, व हा डबा दाबाच्या कारंज्याच्या जातीचा होईल. हा हवेचा दाब उत्पन्न करण्याकरितां ब हा खालचा डबा आहे. हा हवेनें भरलेला आहे. वरच्या डब्यांतील पाणी या डब्यांत उतरत नाहीं, कारण दोहोंस जोडणारी नळी क ही बच्या वरच्या बाजूपासून निघून अच्या वरच्या बाजूस पोंचली आहे. त्यामुळें अमधील पाणी बमध्यें उतरूं शकत नाहीं; परंतु बमधील हवा अमध्यें शिरते व तेथें दाब उत्पन्न करिते. बमधील हवा आपोआप अमध्यें शिरणार नाहीं याकरितां ख ही नळी बपासून निघून वर थेट कारंज्याचें पाणी पडण्याकरितां ग ह्मणून जी जागा केली आहे तेथें जाऊन पोंचली आहे. ग या जागेंत थोडें पाणी

ओतिलें ह्मणजे तें खवाटें बमध्यें उतरतें; बमधील हवा अ मध्यें जाते; व तेथें दाब उत्पन्न झाल्यानें नमधून कारंज्याची धार उडूं लागते.

हिरानच्या कारंज्यांत पाण्याच्या दाबानें हवा दाबून तिचा जोर वाढविण्याकरितां जी युक्ति केली आहे, तशाच प्रकारच्या युक्तीनें नळाच्या किंवा धबधब्याच्या पाण्याच्या जोरानें मोठमोठे वाताशय दाबून त्यांच्या अंगीं फार मोठा जोर उत्पन्न करितां येतो, व त्या जोराचा केवळ पाणी उडविण्याकडेच नव्हे, तर अनेक महत्वाच्या यांत्रिक कामांकडे उपयोग करितां येतो. उदाहरणार्थ, **मांट सेनिसचा भोंगदा** फारच लांब आहे, व तो मोठ्या पर्वतांखालून फार खोलांतून काढावा लागला आहे. भोगदा पाडायाचा ते खडक इतके घट्ट व कठिण होते कीं, सुरुंगाचीं भोकें यंत्रांनीं पाडल्याखेरीज दुसरा उपायच नव्हता. परंतु वाफेचीं यंत्रें आंत न्यावीं तर धूर होऊन हवा खराब होणार, तेव्हां वाऱ्याच्या जोरानें हीं यंत्रें चालवावी असें ठरलें, व कित्येक नवीन यंत्रांच्या कल्पना निघून तीं तयार झालीं. जवळच एक धबधबा होता त्याच्या पाण्याच्या जोरानें हवा दाबून तिचे नळ बांधून भोगद्यांत नेले, व तिच्या जोरानें यंत्रें चालविलीं. भोंगद्यांतील काम कर-

णारांस ताज्या हवेचा सदोदित पुरवठा होत गेला, हा या यंत्रांशिवाय दुसरा फायदा झाला.

७८ **पाण्यांत बुडी मारण्याची घंटा.** हवा निर्भेद्य आहे हें पूर्वी सांगितलेंच. हवेच्या या गुणाचा उपयोग पाण्यांत बुडी मारण्याकडे करितात. दोन तीन माणसें आंत काम करूं शकतील एवढी मोठी एक लोखंडाची घंटा तयार केलेली असते. ती पालथी पाण्यावर ठेविल्यास आपोआप बुडेल इतकी जड असते; त्यामुळें आंत माणसें बसवून सोडिल्यावर घंटा सरळ पाण्याच्या तळापर्यंत जाऊं शकते, आंत पाणी शिरत नाहीं; परंतु माणसांस आंत बराच वेळ काम करायाचें असल्यास घंटेंत जी थोडी हवा असते ती खराब होऊन जाईल, व काम करणाऱ्या माणसांच्या जिवास अपाय होईल, याकरितां घंटेस एक नळी जोडिली असते, (आ० २६—अ ही घंटा, ब ही नळी, व क ही कडी) त्या नळीवाटे वातपूरकयंत्रानें घंटेंत वरून हवा भरितात; नवी हवा आंत शिरतांच खराब झालेली हवा तळाकडून बाहेर पडते. मग आंत दिवा लावून जमीनीवर असल्याप्रमाणें पुष्कळ वेळ काम केलें तरी हरकत नसते. तेलाच्या दिव्याच्या ऐवजीं विजेचे दिवे आंत लाविल्यास, दिव्यामुळें हवेची विशेष घाण व्हावयाची ती होत नाहीं. पाण्यांत बुडालेला माल काढण्याकडे व

समुद्रतल शोधण्याकडे केव्हां केव्हां या घंटेचा उपयोग करितात.

९. **विमान व पाराचूट.** पाण्याच्या तळाशीं जावयास जशी घंटा उपयोगीं पडते, तसें हवेंत उंच जावयास विमान अथवा आकाशयान हें उपयोगीं पडतें. सन १८७०—७१ सालीं पारीस शहरास वेढा पडला होता, तेव्हां शत्रूंच्या हस्तगत न होतां शहराबाहेर पडण्यास विमानावांचून दुसरा मार्गच नव्हता. लढाईच्या प्रसंगीं शत्रू किती जवळ आले आहेत, ते काय करीत आहेत इत्यादि गोष्टी उंचावरून दुर्भिर्णीनें पहातां याव्या ह्मणूनही विमानांचा बराच उपयोग केला जातो. हवेंत उंच गेलें असतां ढग किती उंचीपर्यंत असतात, हवेचा प्रवाह कसा वाहतो, तिचा दाब कसा कमी होत जातो, व मनुष्यास किती उंचीपर्यंत हवेंत जातां येईल, इत्यादि महत्वाच्या शास्त्रीय प्रश्नासंबंधानें शोध लाविण्याकरितांही पुष्कळ शास्त्रज्ञांनीं यंत्रसामग्री बरोबर घेऊन विमानांत बसून उंच उंच उड्डानें केलीं आहेत.

एतद्देशीय प्राचीन ग्रंथांत विमानें ह्मणून जीं वाहनें वर्णन केलीं आहेत तीं कशीं होती, व तीं खरोखर होतीं किंवा केवळ कवींच्या कल्पनेनेंच बनविलेलीं होतीं याबद्दल आतां कांहींच निश्चयात्मक

सांगतां येत नाहीं. हवेंतून स्वच्छंदपणें गमन करितां यावें, अशी इच्छा स्वाभाविकपणें मनुष्यास उत्पन्न होते. पक्षी आकाशांत उडून यथेच्छ विहार करूं लागले ह्मणजे, त्यांस ईश्वरानें ही जी विशेष देणगी दिली आहे, तिजबद्दल आपणांस स्वाभाविकपणें असूया उत्पन्न होते; व आपणांस ईश्वरानें अशी शक्ति दिली असती तर आपण किती सुखी झालों असतों असें मनांत येतें. तारकांनीं भरलेलें जें आकाश डोक्यावर दिसतें, त्यांतच कोठेंतरी स्वर्ग, ह्मणजे देवादिकांचें वसतिस्थान असावें अशी सर्व देशांत समजूत आहे. त्यामुळें देव किंवा देवदूत यांस पृथ्वीवर यावयाचें झाल्यास, रथ, नौका वगैरे पार्थिव वाहनांहून निराळें कांहीं वाहन कल्पिल्याखेरीज सोय नव्हती. देवदूतांस पक्ष्यांप्रमाणें पंख आहेत अशी ख्रिस्ती लोकांची समजूत आहे. देवादिकांस मानसिक गतीनें अधांतरीं चालतां येतें, त्यांचे पाय भूमीस टेंकतच नाहींत अशी आपणांत कल्पना आहे; व शिवाय विमान ह्मणून कांहीं एक वाहन आकाशांत नियमित दिशेस नियमित गतीनें जाणारेंही आमच्या कवींनीं कल्पिलें आहे. हल्लींच्या काळचीं विमानें, या विमानांइतकीं पूर्णतेस आलेलीं नाहींत; तीं उद्दिष्ट दिशेस हांकारतां यावीं, ह्मणून पुष्कळ कल्पक पुरुषांनीं प्रयत्न केले आहेत; परंतु ते अद्या-

पि व्हावे तसे सफल झालेले नाहींत. त्यामुळें अंगीं मोठें धारिष्ट, साहस व समयसूचकता असल्याखेरीज कोणी हा आकाशयानाचा प्रयत्न करीत नाहीं. शिवाय पूर्वींचे मानुषराजे विमानांत बसून स्वर्गास जात असतां, वाटेंत वातावरणाच्या उंच व विरळ भागांत, श्वासोच्छ्वासास पुरती हवा नसल्यामुळें गुदमरून पंचात्वास जावयाचे, परंतु तसे ते विशेष ईश्वरी कृपेमुळें जात नसावेत; हल्लीं सृष्टीचे नियम उल्लंघन केले तरी सृष्टिनियुक्त दंड ज्यास भोगावा लागत नाहीं, असा ईश्वराच्या घरचा लाल कोणीच उरला नाहीं, व नवा निपजत नाहीं! तेव्हां विमानांत बसून फार उंच जाण्याची जरी शक्यता असली, तरी काय उपयोग!

प्रथम विमानें कढत हवेनें भरीत असत. कढत हवा सामान्य हवेपेक्षां हलकी असल्यानें विमान उंच जाई व हवा थंड होत चालली म्हणजे तें खालीं येई. अलीकडे असलीं विमानें बहुधा कोणी करीत नाहींत. हल्लींचीं विमानें बहुतकरून भोंवऱ्याच्या आकाराचीं असतात. (आ. २७) रेशमी कापडाच्या कळ्या एकीसएक शिवून तीं केलेलीं असतात; आंत जे वायु भरायाचे ते बाहेर पडूं नयेत म्हणून रबराचें पक्कें रोगण विमानास देतात; व त्यास बळकटी आणण्याकरितां बाहेरून एक जाळें त्याच्या

भोंवतीं घातलेलें असतें. या जाळ्याच्या दोऱ्या खालीं आणून त्यांस नावेच्या आकाराची वेताची थांटी (न) टांगिलेली असते; तिजमध्यें विमान उडविणारा बसतो. विमानांत हैड्रोजन किंवा कोल-ग्यास (ह्मणजे ज्याचे दिवे मुंबईतील रस्त्यांतून लाविलेले आहेत तो) भरतात. जितकें मोठें विमान करावें तितकें तें अधिक वजन उचलून नेतें. वैमानिक आपणांबराबर वाळूनें भरलेल्या कांहीं पिशव्या घेतो; शिवाय एक गळ, व कांहीं गांठी दिलेल्या लांब दोऱ्या त्याच्याजवळ असतात. या सर्वांचा उपयोग विमान खालीं आणायाच्या वेळीं होतो; कारण विमान खालीं आणायाचें असल्यास, तें हवेपेक्षां जड केलें पाहिजे; ह्मणून त्यांतील कांहीं ग्यास सोडून द्यावा लागतो. परंतु पुढें तें एकदां खालीं पडूं लागलें ह्मणजे त्यास इतका वेग येतो कीं, तें तसेंच खालीं पडत राहिल्यास पृथ्वीवर एवढ्या मोठ्या जोरानें येऊन आदळेल कीं, त्या आघातानें वैमानिकाच्या हाडांचा चुराडाच होईल. तेव्हां विमानास फार गति आली असें दिसलें कीं, तो एखादी वाळूची पिशवी बाहेर फेंकून देतो. त्यामुळें वजन कमी होतें व विमान हवेपेक्षां पुनरपि हलकें होतें व खालीं यायचें बंद होऊन थोडें वरच जातें; मग पुनः ग्यास सोडून विमान जड करितो, व वेग आल्यावर पुनः वाळू

टाकून हलकें करितो; असें करीत करीत जमिनी-पासून थोड्या अंतरावर आल्यावर एखादें झाड दिसल्यास गळ सोडून विमान त्यास अडकवितो; व गांठीच्या दोरीवरून खालीं उतरतो. या दोरीचा दुसरा असा उपयोग होतो कीं, विमान उतरत उतरत दोरी जमिनीस टेंके इतक्या अंतरावर आलें ह्मणजे, जितकी दोरी जमिनीवर लोळेल तितका विमानाचा भार कमी होतो, त्यामुळें तें हलकें झाल्यामुळें त्याचा वेग कमी होतो, व तें अगदीं सावकाश जमिनीस येऊन पोंचतें.

जमिनीपासून मैल अर्धा मैल विमान गेल्यावर तें सोडून देऊन खालीं उडी टाकितां यावी ह्मणून त्यास पाराचूट, ह्मणजे एक जातीची छत्री जोडितात (प, आ० २७). ही छत्री ३०।४० फूट व्यासाची असते. तीस मध्यें दांडा नसतो, उलट एक भोंक असतें, व कांठाशीं दोऱ्या लाविल्या असतात, त्या नावेस जोडिल्या असतात किंवा वैमानिक त्या आपल्या हातीं घेतो (आ० २८). पाराचूटनें उतरण्यापूर्वी विमानांतला ग्यास सोडून देतात व पाराचूट विमानापासून सोडवितात; तेव्हां ती आपल्या व उडी टाकणाराच्या वजनानें मोठ्या वेगानें खालीं पडूं लागते. परंतु या वेगामुळें तीस हवेचा मोठा विरोध होऊन ती पूर्णपणें उघडते; उ-

घडल्यावर हवेचा विरोध फारच अधिक होतो, व ती हळूहळू खालीं जमिनीस येऊन पोंचते.

आगगाडींत बसून जाणारास झाडें, डोंगर, नद्या वगैरे जशीं उलट दिशेनें धांवत आहेत असा भास होतो, तसा विमानांत बसून उंच जाणारास पृथ्वीच खालीं खालीं जात आहे असा भास होतो; विमानास असलेली गति त्यास सहजीं समजून येत नाहीं. कांहीं अंतरावर गेल्यावर पृथ्वी सपाट किंवा फुगीर दिसायाची ती खोलगट दिसते. प्रसिद्ध वैमानिक ग्लेशर व काक्स्वेल यांनीं विमानांत बसून कोठवर उंच जाववतें, याची सीमा पहाण्याचा १८६२ सालीं एकदां प्रयत्न केला. तेव्हां ३७००० फूट ह्मणजे सुमारें ७ मैल उंच ते गेले. ही उंची ह्मणजे हिमालयाच्या अत्युच्च शिखराच्या वर १॥ मैल इतकी झाली. या उंचीवर ग्लेशर बेशुद्ध पडला; व काक्स्वेलची ही तशीच स्थिति होत चालली; तेव्हां त्यानें मोठ्या प्रयासानें विमानांतील ग्यास सोडून त्यास उतरायास लाविलें. या उंचीवर इतकी थंडी होती कीं, दोघेही जणूं काय थिजून गेले, त्यांचे हात काळेठिक्कर पडायास लागले, व अर्धांगवायु झाल्याप्रमाणें त्यांचे अवयव त्यांच्या स्वाधीन उरले नाहींत. ग्लेशर याच्या डोळ्यांवर अंधारी येऊन त्यास कांहींच दिसेनासें झालें होतें. त्यांनीं बरोबर कांहीं

कबुतरें नेलीं होतीं; त्यांपैकीं एक ४ मैल उंचीवरून सोडिलें तें घिरट्या घेत घेत खालीं गेलें; परंतु पुढें थोडया अधिक उंचीवरून दुसरें सोडिलें; त्यास त्या विरळ हवेंत उडतां येईना व तें दगड खालीं पडावा तसें खालीं पडलें.

१०. हवेच्या दाबानें चालणाऱ्या टपालगाड्या. वाताकर्षकानें नळींतील एका बाजूची हवा काढून दट्ट्यास गति आणायाची व त्यास गाडी जोडून ती पळवायाची, अशाविषयीं प्रयत्न करून पाहिले आहेत; परंतु ते चांगले साधत नाहींत. मोठी थोरली नळी करून तिच्यांतूनच गाडी चालायाची व ती गाडी नळींत तुस्त फिरत असल्यानें, नळींत एका बाजूनें वातपूरकानें मोठा दाब करून गाडी दुसऱ्या बाजूस ढकलायाची, अशी योजना अमेरिकेंत एके ठिकाणीं केलेली आहे. तथापि अशा प्रकारानें हवेच्या दाबाचा उपयोग माणसांच्या गाड्या चालविण्याकडे केल्याचीं, किंवा तीं फायदेशीर झाल्याचीं, उदाहरणें फारशीं नाहींत. परंतु लहान लहान नळ्यांत लहान लहान गाड्या घालून, त्यांतून पत्रांनीं भरलेल्या टपालाच्या पिशव्या मुख्य पोष्ट हपीसांतून हपीसाच्या शाखांस रवाना करण्याच्या कामीं हा हवेचा जोर पुष्कळ ठिकाणीं उपयोगांत आणिलेला आहे. एका बाजूस दाब कमी व एका बाजूस जास्त असा के-

त्यानें गाडी आपोआप पळायास लागते. पुढें दाबाची दिशा बदलतांच गाडी पुनः परत येते. या नळ्यांच्याबरोबर तारायंत्रें असतात, त्यामुळें दोन गाड्यांची टक्कर होत नाहीं. अशा प्रकारच्या गाड्या पारीस व लंडन शहरांत प्रत्यहीं पोष्टाचीं पत्रें या हपीसांतून त्या हपीसांत पोंचविण्याचें काम करीत आहेत.

याप्रमाणें हवेच्या प्रकृतिधर्मांवर अवलंबून असणाऱ्या ठळक ठळक यंत्रांचें व युक्त्यांचें येथवर जें वर्णन केलें, त्यावरून यंत्रक्रियेंत मनुष्यांस हवेचा किती उपयोग होतो याविषयीं तुह्मांस बरीच कल्पना येईल. 'तीन राक्षसांच्या' गोष्टींत मारुताचीं जीं कांहीं कार्यें सांगितलीं आहेत त्यांविषयीं प्रथमदर्शनीं मोठें आश्चर्य वाटतें; परंतु हवेच्या आतांपर्यंत सांगितलेल्या अनेक गुणांचा, क्रियांचा व उपयोगांचा विचार केला असतां मारुताचीं कार्यें इतकीं थोडीं कां सांगितलीं याविषयीं उलट आश्चर्य उत्पन्न होईल !

व्याख्यान तिसरें.

हवेच्या रसायनधर्मांविषयीं.

१. रासायनिक मूलतत्वें. पृथ्वी, आप्, तेज, वायु आणि आकाश या पंच महाभूतांपासून सृष्टि निर्माण झाली आहे, असें एतद्देशीय प्राचीन तत्ववेत्त्यांनीं ठरविलें आहे; व अद्यापि पुष्कळ लोकांचा असाच समज आहे. युरोपांत देखील कांहीं शतकांपूर्वी लोकांची अशीच समजूत होती; भेद एवढाच कीं आकाश खेरीज करून बाकी चार मात्र ते महाभूतें समजत. या महाभूतांसंबंधानें सामान्य लोकांची अशी समजूत आहे कीं, जगांतील कोणताही पदार्थ (अथवा भूत) घेतला तरी तो या महाभूतांपैकीं एक दोन, किंवा अधिकांच्या संयोगापासून उत्पन्न झालेला असतो; व म्हणूनच सर्व भूतांमध्यें, म्हणजे अस्तित्ववान् पदार्थांमध्यें, या पांच भूतांस श्रेष्ठ गणून त्यांस महाभूत अशी संज्ञा दिली आहे. आधुनिक शास्त्रीय सिद्धांतांप्रमाणें या पंचभूतांपैकीं एकासही आतां सांगितलेल्या अर्थानें महाभूत ही संज्ञा देतां येत नाहीं. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर जे अनेक पदार्थ रसायनवेत्त्यांस उपलब्ध झाले आहेत, त्यांत महाभूत अथवा पदार्थांतील मूलतत्व असे गणण्याजोगे

पांचच पदार्थ नाहींत; परस्परांहून भिन्न, स्वतःसिद्ध व अन्योन्यसंयोगानें इतर उपलब्ध पदार्थांस उत्पन्न करणारे असे मूलतत्वरूपी पदार्थ आतांपर्यंत सुमारें ७० सांपडले आहेत, व पुढें आणखींही कांहीं सांपडतील. या ७० मूलतत्वांपासून रसायनसंयोगानें पुष्कळ सृष्टपदार्थ कृतीनें उत्पन्न करितां येतात, व सर्व उपलब्ध सृष्टपदार्थांचें अखेरपर्यंत पृथक्करण करीत गेल्यास ते या मूलतत्वांपैकीं कांहींच्या संयोगानें प्रथम उत्पन्न झाले असें दाखवितां येतें. ह्या गोष्टी आधुनिक रसायनवेत्त्यांनीं सप्रयोग सिद्ध केल्या आहेत, त्यांत केवळ तर्क किंवा अनुमान असें कांहीं नाहीं. प्राचीन शास्त्रकारांत व आधुनिक शास्त्रवेत्त्यांत हाच मोठा भेद आहे कीं, प्राचीनांनीं पदार्थांच्या केवळ बाह्यरूपाचें व गुणांचें अवलोकन करून त्या गुणरूपांच्या अनुरोधानें कांहीं काल्पनिक सिद्धांत बांधिले, व प्रयोगाच्या साहाय्यावांचून केवळ तर्कानें व अनुमानानें सर्व दृश्य व अदृश्य सृष्टीच्या उत्पत्तिस्थितिलयाविषयीं संपूर्णतेनें उद्घाटन केलें. अशा तऱ्हेनें केलेले तर्क, अनुमानें व सिद्धांत खरे ठरण्याचा सृष्टिशास्त्रांत क्वचितच संभव आहे. पदार्थांचें केवळ बाह्यस्वरूप पाहिल्यानें त्यांच्या अंतःस्वरूपाचें खरें ज्ञान कसें होईल? या कारणाकरितां आधुनिक सृष्टिशास्त्रवेत्ते असें समजतात कीं, जी गोष्ट प्रयोगानें निर्विवादपणें

खरी ठरली नाहीं ती केवळ कल्पना होय, ती सिद्धांत नव्हे. प्राचीन तार्किकांत व आधुनिक शास्त्रकारांत हा जो मोठा भेद आहे तो लक्षांत आणिला असतां महाभूतांसंबंधानें, व इतर बहुतेक शास्त्रसिद्धांतांसंबंधानें उभयतांत जो मोठा मतभेद दिसतो, त्याचें फारसें नवल वाटणार नाहीं.

पृथ्वी, आप् व वायु हीं ज्यांनीं महाभूतें कल्पिलीं त्यांनीं मूर्त, द्रव व वायव्य या तीन स्थितींपैकीं कोणत्या तरी एका स्थितींत साधारणपणें पदार्थ सांपडतात, इतकें मात्र पाहिलें. परंतु या तिहींस जर महाभूतें समजायाचीं व यांपासून दृश्य सृष्टीची उत्पत्ति होते असें मानायाचें, तर प्रथम या तिहींचें मूळ शुद्ध स्वरूप कोणतें, यांच्या संयोगवियोगाचे नियम कोणते, इत्यादि गोष्टी ठरविणें अवश्य आहे. परंतु या गोष्टींचा विचार त्यांनीं केल्याचें कोठेंही दिसत नाहीं; तसेंच जे पदार्थ अमुक अमुक महाभूतांच्या संयोगानें उत्पन्न झाले आहेत असें ठरवून त्यावर आपले दुसरे सिद्धांत त्यांनीं रचिले त्यांपैकीं एकही (पृथक्महाभूतसंयोगानें) कृतीनें सिद्ध केल्याचें त्यांनीं कोठें वर्णन केलेलें नाहीं. यावरून उघड आहे कीं पंचमहाभूतांपासून सर्व पदार्थांची उत्पत्ति होते, असा जो त्यांनीं सिद्धांत केला तो केवळ तर्कमूलक होय. परंतु याप्रमाणें त्यांचे तर्क शास्त्ररूपानें सामा-

न्यजनांत पसरल्यानें बरेंच नुकसान झालें आहे. सोनें हें पृथ्वी व तेज अथवा अग्नि यांच्या संयोगानें उत्पन्न होतें असा तार्किकांनीं सिद्धांत केला; तेव्हां नानाप्रकारच्या भट्टया लावून हीनधातूपासून सुवर्णाची उत्पत्ति करण्याकडे, ह्मणजे किमया करण्याकडे, लोकांची साहजिक प्रवृत्ति झाली यांत नवल नाहीं. हा अल्पव्ययानें व अल्पायासानें संपत्तिमान् होण्याचा उपाय भोळ्या लोकांस सहज मोह पाडितो, व आजपर्यंत कितीक भोळेलोक मोंदूनीं नादीं लावून बुडविले असतील हें सांगतां येत नाहीं. सुवर्ण हें मूलतत्वांपैकीं एक आहे, त्याची इतर कोणत्याही पदार्थांपासून सिद्धता होणार नाहीं, असें रसायनशास्त्रावरून सिद्ध होतें; व हें खरें ज्ञान जर सर्व लोकांमध्यें पसरेल तर यापुढें तरी किमयेच्या नादीं लागून कोणी बुडणार नाहीं.

शेंदोनशें वर्षांपूर्वीं युरोपांतही किमयेवर पुष्कळ लोकांचा भरंवसा होता; परंतु अनेक विद्वान् व उद्योगी लोक, व विशेषतः वैद्य, या किमयेच्या नादीं लागल्यानें व पुष्कळांनीं आपलीं सबंद आयुष्यें या नादांत खर्च केल्यानें, युरोपांत किमयेपासून पुष्कळ फायदा झाला. अभीष्टसिद्धि होणें अशक्यच होतें, तथापि भिन्न भिन्न औषधींच्या, रसांच्या, व धातूंच्या संयोगवियोगाचे प्रयोग विद्वान् लोकांच्या हातून

घडल्यामुळें, पुष्कळ उपयुक्त रसायनांच्या कृति व गुण त्यांस माहीत झाले, व ते बहुतेक त्यांनीं लिहून ठेविले. या गोष्टीवरून पुष्कळांचें असें मत आहे कीं आधुनिक युरोपीय रसायनशास्त्राचा मूळ पाया या किमयार्थक प्रयत्नांवर प्रथम उभारला गेला, असो.

आज आपणांस पंचमहाभूतांपैकीं एक, म्हणजे वायु अथवा हवा, या पदार्थाच्या रसायनधर्मांविषयीं विशेषतः विचार करायाचा आहे. तुम्हांस असें दाखवायाचें आहे कीं हवा हा पदार्थ महाभूतात्मक नाहीं; हवेमध्यें मोठा अंश दोन मूलतत्वरूपी वायूंचा आहे व ते परस्परांशीं मिश्र झालेले आहेत; त्यांशिवाय आणखी दोन संयुक्त वायु हवेमध्यें अल्पांशानें निरंतर मिसळलेले असतात, व दुसरे कांहीं क्वचित् क्वचित् हवेंत सांपडतात. या सर्वांचें मिश्रण कोणत्या प्रमाणानें झालेलें आहे, कोणत्या वायूचा कोणत्या कामाकडे कसा उपयोग होतो, आपल्या केवळ आरोग्यास व सुखासच नव्हे, तर आपल्या पृथ्वीवरील नुसत्या अस्तित्वासही हवेच्या प्रत्येक घटकांशाची किती आवश्यकता आहे, इत्यादि अनेक प्रश्नांचें सप्रयोग विवेचन, या व पुढील व्याख्यानांत् करण्याचा माझा उद्देश आहे.

२. वायूंच्या पुष्कळ जाती आहेत. सोन्यासा-

रखा पिवळा चकचकीत पदार्थ पाहिला कीं तें सोनेंच आहे असें कोणीही व्यवहारांत समजत नाहीं; कारण सोन्यासारखे पिवळे चकचकीत पदार्थ दुसरे कांहीं आहेत, परंतु त्यांत सोन्याचा लवलेशही नसतो. तसेंच या तीन बाटल्यांत तीन पातळ पदार्थ भरले आहेत. तीन्ही बाटल्या पाण्यानें भरलेल्या आहेत असा साहजिक तुम्हांस भास होईल, परंतु तसें नाहीं. पारदर्शक, रंगहीन, पातळ पदार्थ पाहिला कीं तो पाणीच आहे किंवा त्यांत पाणी आहे असें समजणें, सर्व पिवळ्या चकचकीत पदार्थांस सोनें समजण्याप्रमाणें चुकीचें आहे. याचा प्रत्यय पहा. पहिल्या बाटलींत पाणी आहे; त्यांत हा कापुर विरघळत नाहीं, तें पेट घेत नाहीं, त्यास वास नाहीं व त्यांत बोट घालून बाहेर काढल्यास तें फारसें गारठत नाहीं. दुसऱ्या बाटलींत आल्कोहोल अथवा मद्याचा अर्क आहे; यांत कापूर तावडतोब विरघळतो, हा तावडतोब पेट घेतो व जळून नाहींसा होतो, व मागें पाण्याचा लेशही रहात नाहीं. यास एक प्रकारचा वास येत आहे. यांत बोट घातलें असतां तें पाण्यापेक्षां अधिक गारठतें. या कापूर विरघळलेल्या आल्कोहोलची आतां पाण्यांत धार धरितों. पहा आल्कोहोल पाण्यांत मिसळून गेला, परंतु कापूर त्यापासून निराळा होऊन त्याचे कण पाण्यांत तरंगू लागले आहेत, तेव्हां हा प-

दार्थ पाण्याहून भिन्न आहे यांत संशय नाहीं. तिसऱ्या बाटलींत ईथर ह्मणून एक पदार्थ आहे. हा दोहोंहून-ही भिन्न आहे. यांत कापूर विरघळतो व हा पेट घेतो, व जळल्यावर मागें कांहींएक रहात नाहीं. हे सर्व याचे गुण आल्कोहोलप्रमाणें आहेत; तथापि तो आल्कोहोलहून भिन्न आहे. हा पाण्यांत घातला असतां पाण्याशीं मिसळत नाहीं, कापूर विरघळून पाण्यांत ओतिला तर कापुरासहित पाण्यावर तरंगतो. यांत बोट घातलें तर तें आल्कोहोलपेक्षांही अधिक गार पडतें. शीतस्पर्शत्व हें याच्या अंगीं पाण्यापेक्षांही अधिक आहे. मघां पाण्यांत आल्कोहोल ओतिला आहे, त्या पाण्यास पेटवून पाहूं. पहा तें पेट घेत नाहीं; कारण आल्कोहोलपेक्षां पाण्याच्या गुणांचें त्या मिश्रणांत प्राबल्य आहे. आतां हा ईथर पाण्यांत ओतून देतों. तो पाण्यावर तरंगेल, व पेट घेऊन पाण्यावर जळेल. पहा हा एक जातीचा वाडवाग्नि येथें उत्पन्न झाला आहे.*

तेव्हां आतां हे तीन पातळ पदार्थ जरी बाह्या-त्कारी पाण्यासारखे दिसले, तथापि ते भिन्न भिन्न आहेत याबद्दल तुमची खात्री होईल.

---

* समुद्रांतील वाडवाग्नीचीही उत्पत्ति अशाच असावी, ह्मणजे ज्वा-लाग्राही वायू भूगर्भांतून समुद्रतळाशीं निघून समुद्रपृष्ठावर येऊन आ-पोआप पेट घेऊन जळल्यानें वाडवाग्नि उत्पन्न होण्याचा संभव आहे.

घन व पातळ पदार्थांबद्दल आतां जें सांगितलें तेंच वायुरूप पदार्थांस लागू आहे. वायुरूप पदार्थां-वर विशिष्ट प्रयोग करून पाहिल्यावांचून त्यांविषयीं आपणांस जें ज्ञान होणार तें केवळ स्पर्शानें, वासानें व क्वचित् रंगानें. त्याअर्थीं ज्यांस वास नाहीं, रंग नाहीं, असे सर्व वायुरूप पदार्थ आपणांस सारखेच भासतील; परंतु त्या मिथ्याभासावरून ते सर्व एकच जातीचे आहेत, किंवा ते हवाच आहेत, किंवा इतर पदार्थांशीं हवेच्या संयोगानें झाले आहेत, असें आपण समजल्यास मोठी चूक होईल. हे पहा येथें पाण्याच्या पेटीवर पाण्यांत तोंडें बुडवून पांच आच्छादक ठेविले आहेत. ते सर्व वायूंनीं भरलेले आहेत. कोणासही रंग नाहीं, व वासही नाहीं. परंतु ते सर्व हवेनें भरलेले नाहींत, कारण हवेपेक्षां त्यांचे गुण व क्रिया भिन्न आहेत. हें आतां प्रयोगानें दाखवितों.

प्रयोग १ ला. प्रत्येक वायूचें परीक्षण करण्याकरितां हे तीन पदार्थ घेतले आहेत; एक मेणबत्तीचा दिवा, दुसरी चुन्याची निवळी व तिसरें हिराकस विरघळून तयार केलेलें पाणी. शिवाय एक वायु दुसऱ्याशीं मिसळल्यानें काय परिणाम होतात ते शेवटीं पाहूं.

नंबर १ च्या आच्छादकांत हवा आहे. त्यांतून ही बाटली भरून हवा प्रथम काढून घेऊं, अथवा बाटलींत हवा आहेच, तेव्हां विशेष प्रयास करण्याचें कारण नाहीं. पहा या बाटलींत मेणबत्ती कशी जळत आहे! प्रथम कांहीं वेळ साधारणपणें

जळून नंतर तिचा उजेड अंधक होत जातो, व अखेरीस ती विजते. या दुसऱ्या बाटलींत थोडी चुन्याची निवळी आहे व तिसरींत थोडें हिराकसाचें पाणी आहे; बाटल्यांचे अवशिष्ट भाग हवेनें भरलेले आहेत. आतां दोन्ही बाटल्या हलवून आंतील पातळ पदार्थांवर हवेचा काय परिणाम होतो तें पाहूं. पहा कांहींच परिणाम नाहीं.

नंबर २ च्या आच्छादकांत आक्सिजन वायु आहे. यानें ही बाटली भरून घेतों व आंत मेणबत्ती घालितों. पहा ती किती शुभ्र सुंदर तेजानें जळत आहे ! बराच वेळ झाला तरी अद्यापि ती विजून जात नाहीं ; परंतु आणखी कांहीं वेळानें आंतील आक्सिजन संपत आल्यावर ती विजून जाईल. या वायूचाही चुन्याच्या निवळीवर किंवा हिराकसाच्या पाण्यावर कांहीं एक परिणाम घडत नाहीं; पहा.

नंबर ३ च्या आच्छादकांतील वायूवर याप्रमाणेंच आतां प्रयोग करूं. यांत नायट्रोजन नामक वायु आहे. पहा, यांत मेणबत्ती जळत नाहीं किंवा याची निवळीवर अथवा हिराकसाच्या पाण्यावर मुळींच क्रिया घडत नाहीं.

आतां नंबर ४ च्या आच्छादकांतील वायु, कार्बानिक आसिड, हा घेऊं. नायट्रोजनप्रमाणेंच या वायूंत मेणबत्ती क्षणभर सुद्धां जळत नाहीं. परंतु हा नायट्रोजन नव्हे; कारण, पहा, या वायूनें चुन्याची स्वच्छ पारदर्शक निवळी क्षणांत दुधासारखी होऊन गेली; परंतु हिराकसाच्या पाण्यावर मात्र याचा कांहीं परिणाम नाहीं.

नंबर ५ च्या आच्छादकांत नायट्रिक ऑक्साईड ह्मणून एक वायु आहे. यामध्येंही मेणबत्ती मुळींच जळत नाहीं. चुन्याच्या निवळीस यानें सफेत रंग येत नाहीं, परंतु हिराकसाचें पाणी यानें क्षणांत काळें पडूं लागतें व हा वायु त्यांत जिरून

नाहींसा होतो. तेव्हां या गुणावरून तो बाकी सर्वांहून निराळा आहे हें स्पष्ट होतें. हा पांचव्या आच्छादकांतील वायु नायट्रोजनमध्यें किंवा कार्बानिक आसिडमध्यें मिसळला असतां कांहीही परिणाम घडत नाहीं असें आतां दाखवितों. परंतु तो आक्सिजनमध्यें मिसळला असतां अथवा आक्सिजन त्यांत मिसळला असतां काय परिणाम घडतो पहा. हा एक लहान आ छादक या पांचव्या वायूनें भरून घेतों व आंत आक्सिजन आणून सोडितों. पहा थोडा आक्सिजन आंत शिरतांच आंतील वायु लाल भडक झाला. हा लाल वायु पाण्यांत जिरून जात आहे, व पाणी वर चढत आहे. आंतील वायु फिरून निवळत चालला आहे, तर फिरून आणखी आक्सिजन आंत घालूं. पहा, पुनः लाल वायु उत्पन्न होऊन, तो पाण्यांत जिरून आणखी पाणी वर चढत आहे. असें करितां करितां या धाकट्या आच्छादकांतील सर्व वायु आक्सिजनशीं मिळून नाहींसा होईल व आच्छादक पाण्यानें पूर्ण भरून जाईल.

हा पांचवा वायु हवेशीं मिसळला असतां काय परिणाम होतो तें आणखी कांहीं वेळानें दाखवायाचें आहे. परंतु आतांपर्यंत केलेल्या प्रयोगावरून इतकें तुमच्या पूर्ण लक्षांत आलें असेल कीं, शेवटचे चार वायु परस्परांहून अगदीं भिन्न आहेत; जरी त्यांचें बाह्यस्वरूप अगदीं सारखें असलें तथापि तेवढ्यावरून त्यांविषयीं आपणांस कांहींएक अनुमान करितां येण्याजोगें नाहीं; व म्हणून त्यांच्या गुणांविषयीं आपणांस माहिती मिळवायाची असल्यास विशिष्ट प्रयोगच केले पाहिजेत. आतां दाखविलेल्या वायूंशिवाय आणखी पुष्कळ पदार्थ असेच अदृश्य वायुरूप साहजिकपणें धारण करितात, अथवा कृतीनें त्यांस वायुरूप देतां येतें. परंतु वायुरूपी सर्व पदार्थ हवेपासूनच उत्पन्न होतात असें समजल्यास केवढी मोठी ढोबळ चूक आपण करूं !

३. प्रकृतिधर्म व रसायनधर्म यांमधील भेद.
आतांपर्यंत जें विवेचन केलें व जे प्रयोग दाखविले त्यांवरून पदार्थांचे प्रकृतिधर्म ह्मणजे काय व रसायनधर्म म्हणजे काय हें तुमच्या सहज लक्षांत येईल. पदार्थ मूलतत्वरूपी असो, किंवा संयुक्त अथवा मिश्र असो, त्याच्या त्या मूलरूपांत मुळींच अंतर न पडतां जे गुण अथवा धर्म त्यांत दृष्टीस पडतात ते त्याचे प्रकृतिगुण अथवा प्रकृतिधर्म ह्मणावे; परंतु तो पदार्थ कांहीं क्रिया करीत असतां जर त्याच्या प्रकृत्यंशांत भेद झाला व त्याचें मूळरूप बदलून गेलें तर ती त्याची क्रिया रासायनिक होय. अशी क्रिया करण्याचा जो त्याचा गुण त्यास रासायनिक गुण, अथवा रसायनधर्म, ह्मणावें. उदाहरणार्थ एक पोलादाचा तुकडा घेऊं. हा तुकडा आपटला असतां त्यापासून नाद निघतो; याची स्थितिस्थापक कमान बनवितां येते; लोहचुंबकाच्या केवळ स्पर्शानें हा स्वतः लोहचुंबक बनतो, इत्यादि. हे सर्व गुण पोलादाचे प्रकृतिगुण आहेत. कारण ते व्यक्त करीत असतां, व त्यांमुळें इतर पदार्थांवर भिन्न भिन्न क्रिया घडत असतां, स्वतः पोलादाच्या प्रकृत्यंशांत यत्किंचितही अंतर पडत नाहीं. परंतु हा पोलादाचा तुकडा जर कांहीं दिवस ओलसर हवेंत ठेविला तर तो गंजेल, त्यावर कांहीं आसिडांचा प्र-

योग केला तर तो विरघळेल, तो तापवून लाल क-रून पाण्यांत सोडून दिला, तर त्यास कांहीं निराळ्या जातीचा गंज येईल, इत्यादि. या सर्व क्रियांमध्यें पोलादाचे प्रकृत्यंश पूर्ववत् कायम रहात नाहींत; त्यांचें स्वरूप व गुण बदलतात, व ह्मणून अशा क्रि-या रासायनिक होत, व ज्या गुणांमुळें पोलादास या रासायनिक क्रिया करितां येतात, ते त्याचे रसायन-गुण होत.

मागील दोन व्याख्यानांत हवेच्या ज्या गुणांचें वर्णन केलें ते तिचे प्रकृति गुण होत; कारण, त्या आपल्या गुणांमुळें, हवेनें दाब घातला, किंवा ती वि-रळ होत गेली, किंवा तिनें पदार्थांचें उद्धरण केलें, किंवा तिजमध्यें ध्वनिरूप लाटा जिकडे तिकडे प-सरल्या किंवा अशा दुसऱ्या कांहीं गोष्टी तिनें के-ल्या, तथापि तिच्या मूळ प्रकृतिस्वरूपांत त्यामुळें कोणत्याही प्रकारचा बदल होत नाहीं; तें स्वरूप जसेंच्या तसें कायम रहातें; ह्मणून ते गुण प्रकृतिगुण समजले पाहिजेत.

हवेचे व इतर वायूंचे प्रकृतिगुण सारखेच आहे-त; याकरितां मागील दोन व्याख्यानांत हवा ही इ-तर वायूंची निदर्शक धरून तिचें मात्र वर्णन केलें. इतर वायूविषयीं फारसा उल्लेख केला नाहीं. हवे-विषयीं ज्या ज्या गोष्टी त्यावेळीं सांगितल्या त्या स-

वे इतर वायूसही लागू आहेत. आपलें वातावरण कोणत्याही दुसऱ्या वायूंचें बनलेलें असतें, तथापि त्यांत मागें सांगितलेले सर्व गुण असते, व बहुतेक सर्व क्रिया सारख्याच घडल्या असत्या. बहुतेक ह्मणण्याचें कारण असें कीं इतर वायूंचीं वजनें हवेंहून कमी किंवा जास्त आहेत त्यामुळें वजनासंबंधी परिणामांत अंतर पडणें साहजिक आहे.

वायूंच्या रसायनधर्मांची अशी स्थिति नाहीं. निरनिराळ्या वायूंचे रसायनधर्म निरनिराळे आहेत. हवेच्या ज्या रसायनक्रिया आहेत त्याच इतर वायूंपासून घडणार नाहींत. या व्याख्यानांत आरंभीं हवेच्या रसायनस्वरूपाबद्दल विवेचन केलें त्याचें कारण हेंच. हवा महाभूतात्मक आहे कीं नाहीं, मूळ तत्वरूपी आहे किंवा संयुक्त पदार्थ अथवा मिश्रण आहे, ती आहे तशीच असल्याचे काय परिणाम, व आहे त्याहून भिन्न असती तर काय परिणाम झाले असते, या सर्व प्रश्नांचा थोडा तरी विचार केल्याखेरीज हवेच्या रसायनधर्मांविषयीं व कार्याविषयीं चांगलीशी समजून व्हावयाची नाहीं.

४. आक्सिजन व नाय्ट्रोजन या दोन वायूंचें हवा हें मिश्रण आहे. हवेमध्यें लांकडें, गोवऱ्या, तेल, चरबी, गंधक वगैरे अनेक पदार्थ जळतात हें सर्वांस अवगत आहे. लोखंड कांहीं दिवस हवेंत

उघडें ठेविलें तर तें गंजतें, शिशाचा किंवा ता-
ब्याचा तुकडा नवा कापला असल्यास चकचकीत
दिसतो, परंतु कांहीं वेळ हवेंत राहिल्यास गंज च-
ढून काळा पडूं लागतो; नळे व फुलबाजा यांत जें
बीड घालतात तें दारूबरोबर जळतें, व जस्त वगैरे
दुसऱ्या कांहीं धातु हवेंत तापविल्या असतां जळता-
त, इत्यादि गोष्टी तुह्मांस ऐकून माहीत असतीलच.
तेव्हां याप्रमाणें पदार्थांस जळायास व गंजायास लाव-
णारा हवेंत एक वायु आहे हें प्रत्येकास कबूल केलें
पाहिजे. प्रश्न एवढाच कीं असल्याच वायूची सर्व ह-
वा आहे किंवा ती मिश्र असून तिच्या एका घटकां-
शांतच हा गुण आहे. ह्या प्रश्नाचा पक्का निर्णय ल-
व्हाइसियर नामक फ्रेंच रसायनवेत्त्यानें प्रथम के-
ला. हवेमध्यें पारा तापविला असतां त्यास तांबडा
गंज येतो, हें त्यास माहीत होतें, तेव्हां त्यानें अशी
प्रयोगाची योजना केली कीं रिटार्ट जातीच्या एका काच-
पात्रांत ४ औंस पारा घालून त्या पात्राची मान चित्रांत
दाखविल्याप्रमाणें (आ० २९) वळविली व पात्र शेगडी-
वर ठेवून त्याच्या मानेचा बांक पाऱ्यानें भरलेल्या एका
थाळींत बुडवून ठेविला, व वरतीं एक हवेनें भरलेला आ-
च्छादक ठेविला. रिटार्टचें तोंड पाऱ्याच्या सपाटीच्या
वर निघालेलें होतें, त्यामुळें रिटार्टमधून आच्छादकांत
व आच्छादकांतून रिटार्टमध्यें हवेस जातां येतां येत

होतें, परंतु बाहेरच्या हवेस मात्र आच्छादकांत किंवा रिटार्टमध्यें जाण्यास मार्ग राहिला नव्हता. रिटार्ट व आच्छादक यांमध्यें मिळून ६० घनइंच हवा होती. याप्रमाणें सर्व मांडणी झाल्यावर रिटार्ट तापवून पाऱ्यास कढ आणिला; तेव्हां तो गंजून त्यावर तांबडा खवल्याखवल्यासारखा तवंग येण्यास आरंभ झाला. याप्रमाणें १२ दिवसपर्यंत अहोरात्र रिटार्ट लाल ठेविला होता, व आतां हवा कमी होत नाहीं व अधिक गंज येत नाहीं असें पक्कें ठरल्यावर रिटार्ट निवूं दिला. एकंदर सुमारें ८ इंच हवा कमी झाली होती; व गंज निराळा काढून वजन केला तो ४५ ग्रेन भरला. हा गंज नंतर दुसऱ्या नळींत घालून पूर्वीपेक्षां अधिक तापविला तेव्हां त्यांतून ४१$\frac{1}{2}$ ग्रेन पारा व सुमारें आठ इंच इतका एक वायु निष्पन्न झाला. आच्छादकांत जो वायु बारा दिवसांच्या प्रयोगानंतर शिलक राहिला होता त्यांत पुढें पारा गंजेना, मेणबत्ती जळेना व साधारणपणें कोणतीच रसायनक्रिया होईना. गंजापासून जो वायु निघाला त्यांत मेणबत्ती फारच प्रकाशानें व तीव्रपणें जळूं लागली; तेव्हां उघड झालें कीं हवेंत दोन प्रकारचे वायु आहेत; एक वायु असा कीं त्यांत कोणताही पदार्थ जळत नाहीं, व धातूंस गंज चढत नाहीं. या अशा उदासीन वायूचे हवेंत जवळ जवळ $\frac{4}{5}$ भाग आहेत.

दुसरा वायु याहून अगदीं भिन्नप्रकृति ; त्यांत पदार्थ मोठ्या वेगानें व तेजानें जळतात, धातूही लवकर गंजतात, किंवा जळूं लागतात; या अत्यंत तीव्र अशा वायूचा हवेंत ⅕ भाग आहे. या तीव्र वायूची याप्रमाणें दुसऱ्या उदासीन वायूशीं सांगड घातलेली असल्यानें, त्याची खरी तीव्रता हवेंत दृष्टोत्पत्तीस येत नाहीं; त्यामुळें कित्येक पदार्थ हवेंत मुळींच जळत नाहींत, हळू हळू गंज मात्र पावतात, व जे जळतात त्यांचा दाह वेगानें व प्रखर तेजानें होत नाहीं. वर सांगितलेल्या व दुसऱ्या कांहीं प्रयोगांनीं लव्हाइसियर यानें हवेची मिश्रता निर्विवादपणें प्रथम सिद्ध केली. हवेंतील जो घटकांश ज्वलनादि क्रिया चालवितो त्यास त्यानें ' आक्सिजन ' असें नांव दिलें व तेंच आद्यापि सर्वत्र चालत आहे. हवेच्या दुसऱ्या उदासीनवृत्ति घटकांशास त्यानें ' अझोट ' असें नांव दिलें. हें नांव हल्लीं फ्रान्समध्यें मात्र चालतें. इतर सर्वत्र त्यास नायट्रोजन असें ह्मणतात. या दोन वायूंचे पृथक्पणें, वजनानें व मापानें किती भाग घेतले असतां हवा तयार होईल हेंही त्यानें प्रयोग करून प्रथम निश्चित केलें.

प्रयोग २ रा. लव्हाइसियरनें ज्या रीतीनें हवेची मिश्रता सिद्ध केली त्या रीतीनें ती तुह्मांस दाखविणें अशक्य आहे; परंतु अल्पकाळांत सिद्ध होणाऱ्या दुसऱ्या कांहीं प्रयोगांनीं ती

मी तुह्मांस दाखवितों. हा पहा एक फास्फरसचा तुकडा आहे. फास्फरसांसारखा ज्वालाग्राही दुसरा पदार्थ नाहीं असें ह्मटल्यास चालेल. जेथें कोठें आक्सिजन असेल तेथून त्यास ओढून घे-ऊन त्याशीं संयोग पावण्याचा याचा विशेष गुण आहे. हवेंत नुसता ठेविला तरी त्यापासून धूर निघतांना दिसतो. याचें कारण हवेंतील आक्सिजनशीं तो हळू हळू संयोग पावतो. हा एक आच्छादक हवेनें भरलेला आहे. फास्फरसचा तुकडा पेटवून तो या पाण्याच्या पेटीवर एका चिनी मातीच्या लहान पेल्यांत ठेवितों, व त्यावर हा आच्छादक ठेवून देतों. फास्फरस जळल्यानें त्यापासून पांढरा धुरासारखा पदार्थ उत्पन्न होत आहे, व त्यानें हा आच्छादक भरून गेला आहे. हा धूर पाण्यांत जिरून जाईपर्यंत आपण दुसरा एक प्रयोग करूं.

प्रयोग ३ रा. मघां दाखविलेल्या वायूंपैकीं नंबर ५ च्या वायूचा आक्सिजनवर जो चमत्कारिक परिणाम दाखविला तो तुमच्या ध्यानांत असेलच. हवेंत जर आक्सिजन असेल तर त्यावर या वायूची पूर्वीं दाखविल्याप्रमाणें क्रिया होईल, व ती आक्सिजनपुरती मात्र होईल. तर मग हवेनें भरलेला एक आच्छादक घेऊन त्यांत हा वायु घालूं. पहा निवळ आक्सिजन-मध्यें संयोग झाला होता तेव्हां या वायूस जितका लाल भडक व दाट रंग आला होता तितका हवेंत येत नाहीं; कारण हवेंत नुसता आक्सिजनच नाहीं. पहा पाणी वर चढत चाललें, कारण उत्पन्न झालेला तांबडा वायु पाण्यांत जिरून जात आहे. पहा सुमारें ⅕ हवेचा भाग आतां नाहींसा झालेला दिसतो आहे. हा वायु आतां आंत सोडिला तरी रंग उत्पन्न होत नाहीं; उलट जितका वायु आंत घालावा तितकें चढलेलें पाणी खालीं मात्र उतरत आहे; तेव्हां आंत आतां आक्सिजन नाहीं हें स्पष्ट आहे.

फास्फरसाचा धूर बहुतेक खालीं बसला, तर आतां आपण तिकडे वळूं. पहा पूर्वींच्या हवेचे सुमारें ४/५ मात्र आच्छादकांत शिलक आहेत. शिवाय कांहीं फास्फरस आंत न जळतां तसाच शिलक आहे; व उष्णतेनें त्याचें रूपांतर होऊन त्यास तांबडा रंग येतो तसा आला आहे. त्यास हा इतका ज्वालाग्राही पदार्थ असून तो न जळतां शिलक राहिला यावरून त्यास जळायास लावण्याची शक्ति बाकी राहिलेल्या हवेच्या घटकांशांत नाहीं हें स्पष्ट आहे. फास्फरसही जळण्यास आक्जिन पाहिजे. आच्छादकांत राहिलेल्या हवेच्या भागांत मेणबत्ती जळत नाहीं. बरें आतां आपणांजवळ निवळ आक्सिजन काढलेला आहेच. आच्छादकांतील जितकी हवा कमी झाली आहे तितका तींत हा आक्सिजन मिळवूं जर मेणबत्ती व फास्फरस पूर्वींप्रमाणें जळूं लागले तर हवेच्या मिश्ररूपाबद्दल मग शंकाच उरणार नाहीं. पहा, सांगितल्याप्रमाणें घडत आहे.

लव्हाइसियरच्या मागून जे पुष्कळ मोठमोठे रसायनवेत्ते झाले त्यांनीं निरनिराळ्या ठिकाणची हवा घेऊन तिजमध्यें आक्सिजन व नायट्रोजन हे कोणत्या प्रमाणानें मिश्र झाले आहेत हें अतिसूक्ष्मपणें निश्चित केलें. विमानांत बसून निरनिराळ्या उंचीवर जाऊन तेथून निर्वात केलेलीं भांडीं हवेनें भरून आ-

णून, व तसेंच खोल खाणींतील, दऱ्यांतील, पर्वताच्या निरनिराळ्या उंचीवरील हवा धरून घेऊन, तिच्या घटकांशांचें त्यांनीं पृथक्करण केलें. त्यांच्या प्रयोगांवरून असें ठरतें कीं सामान्यपणें आक्सिजन व नायट्रोजन यांचें प्रमाण सर्वत्र सारखेंच आहे. तें प्रमाण वजनी व मापी खालीं दिल्याप्रमाणें आहे.

हवेचे वजनी १०० भाग घेतल्यास त्यांत		हवेचे मापी शंभर भाग घेतल्यास त्यांत	
आक्सिजन	२३	आक्सिजन	२१
नायट्रोजन	७७	नायट्रोजन	७९
एकूण	१००	एकूण	१००

५. **पदार्थांचें अविनाशित्व.** जग हें नश्वर आहे, म्हणजे जगांतील सर्व पदार्थ थोड्याबहुत काळांत नाश पावलेच पाहिजेत, असें वेदांती लोक प्रतिपादन करितात. ईश्वर व जीव यांवांचून नित्य व अविनाशी असें कांहीं नाहीं असें त्यांचें मत आहे. परंतु पुण्यमार्गाकडे लोकांची प्रवृत्ति करून देण्याच्या संबंधाचें हें मत आहे. वेदांतांतील नश्वर किंवा विनाशी या शब्दांचा अर्थ इतकाच कीं, आज ज्या स्थितींत आपण पृथ्वीवरील एकंदर पदार्थ पहातों त्याच स्थितींत ते निरंतर राहण्याची शक्यता नाहीं. परंतु आपणांस येथेंवेदांतांत शिरण्याचें कारण नाहीं.

येथें आपणांस इतकेंच पहायाचें कीं सामान्य लोकांचा या संबंधानें काय ग्रह आहे. वेद, शास्त्र व पुराणें यांचें जें अर्धवट ज्ञान सामान्य लोकांत पसरलेलें असतें, व प्रत्यक्ष गोष्टींवरून ते जीं अनुमानें व तर्क करितात, त्यांत त्यांचा असा ग्रह दिसतो कीं पदार्थ जळला ह्मणजे तो जगांतून नाहींसाच झाला. उदाहरणार्थ मेणबत्ती कांहीं तास जळत ठेविली ह्मणजे एवढासा वातीचा तुकडा राहिल्यास तो खेरीज करून बाकी कांहींच शिलक उरत नाहीं, तेव्हां अग्नीनें तिचा पूर्ण नाश करून टाकिला, अशी लोकांची समजूत होते. प्रलय दोन प्रकारचे; अग्निप्रलय व जलप्रलय; जलप्रलयांत पदार्थ केवळ पाण्यांत बुडून वाहून जातील; परंतु कल्पांताच्या वेळीं सूर्य जेव्हां आपले बाराही डोळे उघडील तेव्हां अग्निप्रलयानें सर्व जग जळून भस्म होईल, अशी लोकांची समजूत आहे. पदार्थ जळून भस्म झाला असें जेव्हां आपण ह्मणतों, तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा असा आशय असतो कीं, अग्नीनें पदार्थाच्या बहुतेक भागाचा नाश करून, कायती थोडी राख शिलक ठेविली. मोठा दोन चार मणांचा ओंडका घेऊन पुरता जाळल्यास त्यापासून शेर दोन शेरही राख मिळणार नाहीं. त्या अर्थी पदार्थ जळतात तेव्हां ते नाश पावतात, ह्मणजे ते जगांतून नाहींसे होतात

अशी सामान्य जनांची समजूत आहे हें उघड आहे.

आधुनिक शास्त्रकारांचें असें मत आहे कीं, जगांतील सर्व पदार्थ अविनाशी आहेत, म्हणजे, त्यांचें रूपांतर होइल, स्थलांतर होईल, परंतु त्यांपैकीं अणुमात्रही नाश पावून जगांतून अजीबात नाहींसा झाला असें घडणें अशक्य आहे. या खडूची भुकटी करून ती उंचावरून हवेंत फेंकून दिल्यास कांहीं वेळानें तिचा एकही कण कदाचित् आपल्या दृष्टिगोचर होणार नाहीं; परंतु यावरून ती जगांतून नाहींशी झाली नाहीं. तसेंच पाणी परातींत घालून उन्हांत ठेविल्यास कांहीं काळानें तें परातींतून नाहींसें होईल, परंतु जगांतून नाहींसें होत नाहीं, किंवा सूर्यानें शोषण केल्यामुळें सूर्यमंडळांत जात नाहीं. तें पाणी केवळ पातळपणा सोडून बाष्परूप धारण करितें, व परातींतून निघून हवेंत जाऊन मिसळतें; तेव्हां त्याचें केवळ रूपांतर व स्थलांतर झालें. अग्नीनें जेव्हां पदार्थ जळतात तेव्हां त्यांच्या प्रकृत्यंशांचें असेंच रूपांतर होतें. मेणबत्ती हा घन व दृश्य पदार्थ आहे. तो हवेशीं संयुक्त झाल्यावर त्या पासून दोन वायुरूप पदार्थ उत्पन्न होतात; ते एकंदर वजन केल्यास, संयुक्त झालेल्या हवेच्या वजनाइतके पूर्वीच्या मेणबत्ती-

हून अधिक जड भरतील; परंतु ते वायुरूप असल्यानें दिसत नाहींत; व अगाध समुद्रांत दहापांच थेंब पडावें त्याप्रमाणें भोंवतालच्या हवेशीं मिसळून गेल्यानें मेणबत्तीच्या जागीं ते सांपडत नाहींत. परंतु रसायनवेत्त्यांनीं त्यांस पकडून वजन केलें आहे, व ते मेणबत्तीपेक्षां अधिक जड आहेत असें सप्रयोग सिद्ध केलें आहे. दुसऱ्याही अनेक जळणाऱ्या पदार्थांवर प्रयोग करून पहातां हीच गोष्ट सिद्ध होते कीं ज्वलनापासून केवळ रूपांतर व स्थलांतर होतें, नाश होत नाहीं; व ह्मणून आधुनिक शास्त्रकारांचा असा सिद्धांत आहे कीं पदार्थांचें रूपांतर किंवा स्थलांतर होईल, परंतु त्यांचा नाश कदापि होणार नाहीं. सर्व पदार्थांचे प्रकृत्यंश अविनाशी आहेत.

६. **ज्वलनक्रिया.** आतां ज्वलनक्रियेसंबंधीं कांहीं प्रयोग करून दाखवितों. जळल्यानें पदार्थ जड होतात, रसायनव्यापार झाल्यानें हवेंत फरक होतो, ह्मणजे तिजमधील आक्सिजन नाहींसा होतो; तो जळणाऱ्या पदार्थांशीं संयोग पावल्यानें त्या पदार्थांचें रूपांतर होतें; नवीन उत्पन्न झालेले संयुक्त पदार्थ गुणधर्मांनीं पूर्वींच्या पदार्थांहून अगदीं भिन्न असतात; इत्यादि गोष्टी या प्रयोगांवरून सिद्ध होतील.

मेणबत्ती पेटवून तिच्या ज्योतीवर कांहीं अंतरावर हात धरिला असतां कांहीं उष्ण वायु वर जात

आहेत असें कळून येतें. खालून किंवा बाजूनें मेणब-त्तीस हवा न पोंचूं दिल्यास ती जळणार नाहीं. हें दाखविण्याकरितां हा कमानीचा मेणबत्तीचा दिवा घेतों; यास खालून वारा जाण्याकरितां जीं भोंकें आहेत तीं ओल्या फडक्यानें बंद करितों; पहा ज्योत धुरकट होत जाऊन विझून गेली. आतां मेणबत्ती ज्या हवेंत जळते त्या हवेचें स्वरूप बदलतें, ह्मणजे तिजमधील आक्सिजन कमी होतो, व त्याऐवजीं कार्बानिक आसिड वायु आणि पाण्याची वाफ हे दोन पदार्थ उत्पन्न होतात, हें दाखवितों.

प्रयोग ४ था. एका हवेनें भरलेल्या बाटलींत थोडी चुन्या-ची निवळी घालून बूच लावून ती हालवितों, व चुन्याची नि-वळी जशीच्या तशी राहते हें प्रथम दाखवितों; पुढें मेणबत्ती पेटवून ती या बाटलींत सोडितों; बाटलींतील आक्सिजन क-मी झाला ह्मणजे ती आपोआप विजून जाईल; मग मेणबत्ती काढून घेऊन बूच लावून बाटली पुनः हलवितों. पहा तीस पांढरा दुधासारखा रंग आला आहे. यावरून आंत का० आसी ड वायु पूर्वी नव्हता तो उत्पन्न झाला हें उघड आहे.

प्रयोग ५ वा. मेणबत्तीची ज्योत म्हणजे अग्नीची ज्वाला—अग्नि हा पाण्याचा शत्रू असें असतां पाण्याची उत्पत्ति प्रथम अग्नीपासून आहे, हें आतां प्रयोगानें दाखवितों. ही एक थंड परंतु कोरडी कांचेची नळी आहे; ही ज्योतीवर धरून ज्योतींत उत्पन्न होणारे वायु या नळींतून जाऊं दिल्यास तावडतोब तिजवर धुक्यासारखे पाण्याचे कण बसलेले दिसतील. परंतु बराच वेळ नळी दिव्यावर धरिल्यानें ती तापते व उत्पन्न झा-

ळेले पाण्याचे कण पुनः वाफ होऊन उडून जातात. याकरितां प्रयोगाची रचना अशी करूं कीं नळीचा कांहीं भाग थंड राहून तींत उत्पन्न होणारें पाणी सांचून रहावें; म्हणजे मग तें तुमच्या हातावर देतां येईल, व तें पाणीच आहे अशाबद्दल तुमची खात्री होईल.

ही एक मोठ्या तोंडाची बाटली आहे. (आ० ३०) हीस कें बूच लाविलेलें आहे त्यास दोन जाडी भोंकें आहेत, व त्या भोंकांतून दोन नळ्या बसविल्या आहेत; पैकीं अ ही तळापर्यंत गेली आहे, व दुसरी ब मध्यापर्यंत गेलेली आहे. या दुसऱ्या नळीच्या खालीं मेणबत्तीची ज्योत येईल अशा तऱ्हेनें ती पेटवून आंत ठेवितों. पहा, ब या नळींतून तापलेले वायु बाहेर पडूं लागले आहेत व ती नळी तापून गेली आहे. मेणबत्ती जळण्यास लागणारी हवा अ या नळीनें आंत शिरत आहे हें दाखविण्याकरितां उदबत्ती पेटवून ती अ या नळीच्या वरच्या तोंडाजवळ आणितों; पहा, नळींत शिरणाऱ्या हवेबराबर उदबत्तीचा धूरही बाटलींत शिरत आहे. याप्रमाणें सर्व तयारी झाली. प्रथम असें पहा कीं, बाटली व नळ्या सर्व कोरड्या आहेत. आतां क ड ही दोन वेळ वांकविलेली नळी पहा. ही अगदीं कोरडी आहे. ही ब या नळीच्या वरच्या तोंडास बसवितों, व ड हा वांकलेला भाग थंड रहावा म्हणून या भरलेल्या ग्लासांत बुडवून धरितों. ज्योतींत उत्पन्न होणारे उष्ण वायु आतां क ड या नळीनें बाहेर पडूं लागले आहेत; परंतु या नळींतून जात असतां त्या वायूंत जी वाफ असते तिचें पाणी होऊन तें ड या भागांत सांचत आहे. थोडक्या वेळांत एक चमचाभर पाणी परीक्षेकरितां तुमच्या हातावर देतों. हें घ्या; पाण्यास कदाचित् थोडा धुरकट वास येत असेल.

७. उद्भिज्ज पदार्थांचे मुख्य घटकांश. मेणब-

त्तीच्या मेणाचा बहुतेक अंश दोन मूलतत्वांपासून उत्पन्न झालेला असतो, एक हायड्रोजन व दुसरा कार्बन्. हायड्रोजन हा अतिशय हलका वायुरूप पदार्थ आहे. या वायूचे फुगे पूर्वी उडवून दाखविले ते तुमच्या लक्षांत असतीलच. त्या फुग्यांस दिव्याची ज्योत लाविली तेव्हां बार झाले त्यांचीही तुह्मांस आठवण असेल. ते बार होण्याचें कारण हा वायु अत्यंत ज्वालाग्राही असल्यामुळें तो हवेशीं थोडाबहुत मिसळला असल्यास त्यास आंच लागतांच तो एकदम जळून बार होतो. कोळसा, काजळ, वगैरे हे कार्बनचे प्रकार आहेत. हायड्रोजन हा हवेंतील आक्सिजनशीं संयोग पावून त्यापासून पाणी हा संयुक्त पदार्थ उत्पन्न होतो; तसाच कार्बन आक्सिजनशीं मिळाल्यानें कार्बानिक आसिड वायु हा संयुक्त पदार्थ उत्पन्न होतो. मेणबत्ती हवेंत जळत असतां वर जे तापलेले वायु जात असतात त्यांमध्यें मुख्यत्वें करून पाण्याची वाफ, कार्बानिक आसिड वायु, थोडा शिलक राहिलेला आक्सिजन व बाकी नायट्रोजन हे वायु असतात. जर सगळा कार्बन जळेइतका ज्योतीस आक्सिजन मिळाला नाहीं व व्हावी तितकी ज्योतींत उष्णता उत्पन्न झाली नाहीं तर सर्व कार्बन जळून जात नाहीं व दिव्यास काजळ येऊं लागतें.

लांकूड, तेल वगैरे वनस्पतिजन्य पदार्थांचें रसायनस्वरूप मेणबत्तीसारखेंच असतें. उद्भिज्ज पदार्थांत मुख्य मूलतत्वें तीन आहेत—कार्बन, हैड्रोजन व आक्सिजन; पैकीं पहिल्या दोहोंचें विशेष प्राचुर्य असतें. या तिहींशिवाय आणखी कांहीं मूलतत्वें अल्पांशानें वनस्पतींच्या निरनिराळ्या भागांमध्यें सांपडतात. परंतु त्यांविषयीं विचार करण्याचें येथें कारण नाहीं. लांकूड, तेल वगैरे पदार्थ जळत असतां आपण जो धूर ह्मणून पाहतों, त्यांत मेणबत्तीच्या ज्योतिपासून जे वायु उत्पन्न होतात तेच वायु असतात, ह्मणजे वाफ, का० आसिड, थोडा आक्सिजन व बाकी नायट्रोजन. हे सर्व वायु अदृश्य आहेत, असें असून धूर दिसतो याचें कारण हें कीं लांकूड वगैरे पदार्थ जळत असतात तेव्हां त्यांचा पूर्ण दाह होण्यास जितका आक्सिजन त्यांस पोंचला पाहिजे तितका हवेंतून आपोआप मिळूं शकत नाहीं; व सर्व कार्बन जळण्याइतकी उष्णताही उत्पन्न होत नाहीं; त्यामुळें न जळलेला कार्बन कांजळाच्या अतिसूक्ष्म कणरूपानें वर जाणाऱ्या वायूंत मिसळून त्याच्या प्रवाहास दृश्य करितो. या उष्ण वायूच्या दृश्य प्रवाहास आपण धूर असें ह्मणतों.

८. मेणबत्ती जळते तेव्हां तिच्या दाहापासून उत्पन्न होणारे पदार्थ मेणबत्तीहून अधिक वज-

नाचे असतात. पदार्थ, खनिज असोत, उद्भिज्ज असोत, किंवा प्राणिज असोत, ते जेव्हां हवेंत जळतात तेव्हां त्यांचा नाश होत नाहीं, त्यांच्या घटकांशांचा आक्सिजनशीं संयोग होतो व उत्पन्न झालेले संयुक्त पदार्थ मूळ जळालेल्या पदार्थाहून अधिक वजन भरतात हें आतां प्रयोगानें दाखवायाचें आहे. मेणबत्ती जाळून प्रयोग करूं. जी गोष्ट मेणबत्तीस लागू, तीच इतर पदार्थांस लागू आहे. प्रयोग संपण्यास बराच वेळ लागेल, तथापि तो फार महत्वाचा आहे, याकरितां उतावळि न होतां लक्षपूर्वक समजून घ्या.

प्रयोग ६वा. (आ० ३१) अ हें एक कांचेचें मोठें नळकांडें आहे; याच्या खालच्या बाजूस जें बूच बसविलें आहे त्यास पांच भोंकें आहेत; मधल्या भोंकांत म हा मेणबत्तीचा तुकडा बसविला आहे, व बाकीचीं चार भोंकें आंत हवा जाण्याकरितां ठेविलीं आहेत. वरच्या बुचास एकच मोठें भोंक आहे, त्यांत क ही एक कांचेची नळी बसविली आहे, तिच्यावाटें मेणबत्तीच्या ज्योतींत उत्पन्न होणारे वायु नळकांड्यांतून बाहेर पडूं शकतात. क या नळीस र ही दुसरी एक नळी जोडिली आहे, तिजवाटें हे वायु ब या बाटलींत शिरतात. या बाटलींत सल्फ्यूरिक आसिड घातलेलें आहे, त्यांत र या नळीचें तोंड बुडविलेलें असल्यानें आंतून येणाऱ्या वायूंस त्या आसिडांतून बाहेर पडावें लागतें. तेथून बाहेर पडल्यावर ल या नळीनें हे वायु भ या दुसऱ्या बाटलींत शिरतात. या बाटलींत कास्टिक पोट्याश पाण्यांत पुष्कळसा विरघळून तें पाणी घातलेलें आहे. ल नळीचें तोंड पोट्याशच्या पाण्यांत बुडालेलें आहे, त्यामुळें आंतून येणाऱ्या

वायूंस त्या पाण्यांतून बाहेर पडावें लागतें; तेथून बाहेर पडल्यावर ते **श** या कांचेच्या थोरल्या शोषक बाटलींत शिरतात. ही बाटली आरंभीं सबंद पाण्यानें भरलेली असते. तिला तळाशीं कॉक आहे; तो सोडिला असतां पाणी त्यावाटें वाहायास लागतें; त्यामुळें आंत निर्वात जागा उत्पन्न होते. या जागेंत **भ** या बाटलींतील हवा शिरते त्यामुळें त्या बाटलींतील हवेचा दाब कमी होतो; मग तींत **ब** या बाटलींतील हवा शिरूं लागते, व **ब** बाटलींत दाब कमी झाल्यानें नळकांड्यांत उत्पन्न झालेले वायु **ब**मध्यें प्रवेश करितात. याप्रमाणें **श**मधून पाणी खालीं पडूं लागतांच नळकांड्यांतून व बाटल्यांतून **श**कडे वायूंचा प्रवाह शोषिला जातो; ह्मणून या बाटलीस शोषकपात्र असें ह्मणतात. या वायूंच्या प्रवाहाची दिशा चित्रांत बाणगतीनें दाखविली आहे. जर याप्रमाणें वायुशोषणाचें कांहीं साधन नसेल तर नळकांड्यांतील हवा बाटल्यांत मुळींच शिरणार नाहीं, नळकांड्याच्याच खालच्या बाजूनें ती बाहेर पडूं लागेल; व मेणबत्तीस ताज्या हवेचा सारखा प्रवाह न पोंचल्यानें ती विजून जाईल.

याप्रमाणें प्रयोगपात्रांची रचना सांगितली. आतां **ब** आणि **भ** या बाटल्यांचीं कार्यें सांगतों. **ब**मध्यें सल्फ्यूरिक आसिड आहे. याचा पाण्याशीं परम स्नेह आहे; पाणी कोणत्याही रूपानें या आसिडाच्या सांनिध्यास आल्यास हें आसिड त्यास आकर्षण करून त्याशीं संयुक्त होतें; या कारणाकरितां ज्योतीपासून निघालेले वायु या आसिडांतून शोषून घेतल्यास त्यांतील पाण्याचा अंश आसिडांत राहील व बाकी वायु मात्र पुढें जातील; ते मग पोट्याशच्या द्रवांत शिरतांच; **ब**मध्यें पाण्याची स्थिति झाली तशी **भ**मध्यें कार्बानिक आसिडाची स्थिति होईल. पोट्याशशीं संयोग पावल्यानें हा वायु तेथेंच

अडकून राहील. व बाकीचे नायट्रोजनप्रचुर वायु श बाटलींत जाऊन भरतील.

प्रयोगास आरंभ करण्यापूर्वी मेणबत्तीसहित नळकांड्याचें व त्यास लाविलेल्या बुचांचें वजन करूं व तें टिपून ठेवूं. तसेंच ब आणि भ या दोन बाटल्या, त्यांस जोडिलेल्या नळ्या व-आंत भरलेले पदार्थ या सर्वांचें मिळून वजन करूं व तेंही मांडून ठेवूं. प्रयोग संपल्यावर कांहीं मेणबत्तीचा भाग जळून गेल्यामुळें नळकांडें वगैरेच्या वजनांत कमताई येईल. परंतु मेणबत्तीचे घटकांश आक्सिजनशीं संयुक्त झाल्यानें त्या संयोगापासून उत्पन्न होणारे पदार्थ (ह्मणजे पाणी व का० आसिड) ब आणि भ या बाटल्यांत अडकून राहिल्यानें त्या बाटल्यांचें वजन अधिक भरेल. या प्रयोगानें मुख्य असें दाखवायाचें आहे कीं, मेणबत्ती जळल्यानें नळकांडेंवगैरेच्या वजनांत जी कमतरता येईल तीपेक्षांही जास्त वजन बांटल्यांच्या मूळ वजनास मिळालें आहे असें अखेरीस दिसेल. ह्मणजें या बांटल्यांमध्यें मेणबत्तीचे सर्व घटकांश येतील इतकेंच नव्हे तर ते हवेंतील आक्सिजनशीं स्नेहसंयोग करून त्यासही आपल्याबरोबर घेऊन येतील, व सर्वच बाटल्यांमध्यें अडकून रहातील.

याप्रमाणें सर्व प्रयोगसाधनांच्या कार्याचा तुह्मांस बोध झाला असल्यास मेणबत्ती पेटवून ती नळकांड्यांत बसवितों, व शोषकपात्राचा कॉक उघडून देतों. पहा, नळकांड्यापासून शोषकापर्यंत एकसारखा वायूंचा प्रवाह सुरू झाला आहे. शोषकांतील पाणी संपेपर्यंत बराच मेणबत्तीचा भाग जळेल, तोंपर्यंत आतां आपणांस थांबलें पाहिजे.

पहा, शोषकांतील पाणी संपतांच वायूंचा प्रवाह बंद झाला व मेणबत्ती विझून गेली. आतां पुनः वजनें केलीं ह्मणजे झालें. नळकांडें, मेणबत्ती वगैरे मिळून जें वजन होतें तें ३० ग्रेन

इतकें कमी झालेलें दिसत आहे; परंतु बाटल्या वगैरेचें मिळून जें वजन होतें तें सुमारें ६० ग्रेनांनीं वाढलें आहे ह्मणजे जितकी मेणबत्ती जळून नाहींशी झाली, त्याच्या दुप्पट वजनाचे कार्बानिक आसीड, पाणी वगैरे पदार्थ तिजपासून उत्पन्न झाले आहेत. मेणबत्तीचा पूर्ण दाह न झाल्यामुळें कांहीं काजळ उत्पन्न झालें आहे; तेंही या बाटलींत अडकून राहिल्यानें त्या बाटलींतील आसिड काळसर होऊन गेलें आहे. शोषकांत जो वायु सांचला आहे त्यांत नायट्रोजनचें प्राचुर्य आहे, कारण, पहा, त्यांत मेणबत्ती जळत नाहीं.

हवेंत धातु गंजतात तेव्हां त्यांचा आक्सिजनशीं संयोग होतो हें पूर्वी सांगितलेंच; या संयोगामुळें त्या अधिक जड होतात, या गोष्टीस लव्हाइसियरच्या प्रयोगाचें प्रत्यंतर देतां येईल, परंतु तें देण्याचें कारण नाहीं, गंज चढल्यानें धातु अधिक जड होतात, हें प्रत्येकास स्वतः करून पाहतां येण्या जोगें आहे. थंड धातूचा तुकडा हवेंत ठेवून त्यास पुरतासा गंज चढण्यास फार काळ पाहिजे याकरितां येथें तसा प्रयोग करून दाखवितां येत नाहीं. परंतु उष्णतेनें धातूंस लवकर गंज चढतो, त्या अर्थी या रीतीनें गंज चढवून धातु जड झालेली दाखविण्याचें सोपें आहे, व तें पुढील प्रयोगानें दाखवितों.

प्रयोग ७ वा (आ० ३२) स्वच्छ लोखंडी तारेचे हे दोन गोंडे तयार करून ठेविले आहेत; हे या लहान कांट्याच्या दोन बाजूंस दोन टांगून देतों. दोहोंचीं वजनें समसमान आहेत

हें कांटा समतोल आहे यावरून उघड होत आहे. आतां यांपैकीं एका गोंड्याच्या खालीं हा विन धुराचा स्पिरिटचा दिवा ठेवितों, तो असा कीं दिव्याच्या ज्योतीचा वरचा भाग उष्ण हवेनें भरलेला असतो, तो त्या गोंड्यावरून सारखा जात राहून गोंडा लाल व्हावा. पांचचार मिनिटांत गोंड्याच्या तारेस निळ्या रंगाचा गंज चढेल; व गोंडा जड झाला आहे हें कांटा ढळल्यानें स्पष्ट होईल.

आतां दाखविलेल्या प्रयोगांच्या जातीचे अनेक निरनिराळे प्रयोग रसायनवेत्त्यांनीं अतिसूक्ष्मपणें करून पाहिले आहेत, व त्यांवरून पदार्थांचे प्रकृत्यंश नित्य व अविनाशी आहेत हा सिद्धांत ठरविला आहे; या सिद्धांतास बाधक अशी एकही गोष्ट अद्याप कोणास आढळलेली नाहीं; उलट अमुक पदार्थाचा अमुक दुसऱ्या पदार्थाशीं संयोग झाल्यास, उत्पन्न होणारा संयुक्त पदार्थ घट्ट किंवा पातळ किंवा वायुरूप कसाही असो, त्याचें वजन किती होईल हें निश्चयात्मक आधीं सांगतां येतें.

या व इतर प्रयोगांवरून दुसरी एक गोष्ट सिद्ध होते ती ही कीं, जेव्हां दोन किंवा अधिक पदार्थांचा रसायनसंयोग होतो, तेव्हां त्या पदार्थांचें पूर्वरूप व पूर्वगुण, हे अगदीं बदलून जातात, व ह्मणून नवीन उत्पन्न झालेल्या संयुक्त पदार्थाचें स्वरूप व त्याचे गुण तज्जनक मूळ पदार्थांहून अगदीं भिन्न असे असतात. तथापि संयुक्त पदार्थाचें व तज्जनक मूळ

पदार्थाचें वजन सारखेंच असतें ही गोष्ट उभयतांचे प्रकृत्यंश एकच आहेत अशाबद्दल साक्ष देते; व त्या प्रकृत्यंशांची केवळ निराळी मांडणी झाल्यामें संयुक्त पदार्थास निराळें स्वरूप व गुण प्राप्त होतात असें सहज अनुमान होतें.

हें व्याख्यान आतां येथेंच संपवितों; पुढच्या व्याख्यानांत हवेच्या बाकीच्या रसायनगुणांचे विवरण करूं.

व्याख्यान चवथें

हवेच्या रसायनधर्मांविषयीं

(पुढें चालू)

१. तीव्रदाह व मंददाह. हवेचे मुख्य घटकांश दोन आहेत, एक आक्सिजन, व दुसरा नायट्रोजन; सामान्य वनस्पतिजन्य पदार्थ जेव्हां हवेंत जळतात तेव्हां हवेंतील आक्सिजनशीं संयोग पावल्यानें त्यांपासून दोन नवे पदार्थ वायुरूपानें उत्पन्न होतात, एक कार्बानिक आसिड व दुसरें पाणी; हे दोन्ही पदार्थ उत्पन्न होतांच हवेंत जाऊन मिसळल्यानें व ते अदृश्य असल्यानें त्यांचा नाश झाला, असा आपणास मिथ्याभास होतो; इत्यादि गोष्टी मागील व्याख्यानांत सांगितल्या. या व्याख्यानांत असें दाखवायाचें आहे कीं, आपली प्राणक्रिया बहुतेक अंशीं ज्वलनक्रियेसारखी आहे. भेद इतकाच कीं जेव्हां पदार्थ जळतात तेव्हां ते अल्पकाळांत हवेंतील आक्सिजनशीं संयोग पावतात, त्यामुळें संयोगजन्य उष्णता अल्पकाळांतच उद्भूत होते व ह्मणून ती प्रखर असते. निवळ आक्सिजन मध्यें जर तेच पदार्थ जाळिले तर त्यांस जळण्यास हवेंत लागतो तितकाही वेळ लागणार नाहीं, व त्यामुळें अल्पतर काळांत पूर्वीइतकीच उष्णता उत्पन्न झाल्यानें ती तितक्याच मानानें प्रखरतर होईल.

तात्पर्य हें कीं कोणताही पदार्थ आक्सिजनशीं संयोग पावल्यास त्या संयोगापासून नियमित उष्णता उत्पन्न होते; जितक्या अल्प काळांत ती उत्पन्न होईल तितकी ती एकवट झाल्यानें अधिक प्रखर रूप धारण करील; उलट ती उत्पन्न होण्यास जितका अधिक काळ लागेल तितकी तिची प्रखरता कमी होईल; ती इतकी कीं केव्हां केव्हां आपल्या स्थूलमापक त्वगिंद्रियास ती उत्पन्न झाली कीं नाहीं याचा पत्ताही लागणार नाहीं. एखाद्या मातीच्या ढिगावर एक एक थेंब पाणी सावकाशपणें सोडित बसल्यास, व एक थेंब येथें तर दुसरा दुसरीकडे, तिसरा तिसरीकडे या प्रमाणें थेंब पाडिल्यास घागरभर पाणी खलास होण्यास दोन तीन दिवस लागतील; व या प्रमाणें कितीही घागरी पाणी मातीवर ओतिल्यास तिचा चिखल होणार नाहीं; कारण एक थेंब पडून दुसरा त्याच जागीं पडेपर्यंत पहिला मातींत जिरून पसरून वाळूनही जाईल. परंतु उलट घागरभर पाणी जर एकदम मातींत ओतून दिलें तर लागलीच त्या मातीचा चिखल व्हावयास लागेल; व कांहीं थोड्या घागरी मातींत ओतिल्यावर ती सर्व भिजून पातळ होईल. संयोगजन्य उष्णतेची या प्रमाणें स्थिति आहे. ती जर इतक्या सावकाशपणें उत्पन्न झाली—कीं ज्याप्रमाणानें एकीकडे नवी उष्णता

उत्पन्न होते त्याचप्रमाणानें दुसरीकडे उत्पन्न झालेली उष्णता पदार्थ निवून नाहींशी होते जाते तर ती उत्पन्न झालेली उष्णता कळूनही येणार नाहीं. ज्या धातु निवळ आक्सिजनमध्यें अत्यंत प्रकाशानें व प्रखर उष्णतेनें जळतात त्या हवेंत गंज मात्र पावतात. एक मिनिटांत जितकी धातु निवळ आक्सिजनमध्यें जळेल तितकी हवेंत गंजून जाण्यास एक वर्ष लागेल. तेव्हां एका मिनिटांत उत्पन्न होणारी उष्णता एका वर्षावर जर पसरली तर ती कशी कळून येईल? हाच भेद तेल किंवा लांकूड यांच्या जळण्यांत व आपल्या प्राणक्रियेंत कांहीं अंशीं आहे.

२. फुप्फुसांत अशुद्ध रक्ताचा मंददाह होतो व त्यामुळें शरीरांत ऊब उत्पन्न होते. तेल किंवा लांकूड जळूं लागलें ह्मणजे त्याचा दाह तीव्र होतो; आपल्या शरीरामध्यें तेल व लांकूड यांच्याच जातीच्या पदार्थांचा मंददाह चालला आहे. प्राणिवर्गाचें वनस्पतिवर्ग हें अन्न आहे; कित्येक प्राणी मांसाहारी आहेत, परंतु ज्या इतर प्राण्यांवर ते निर्वाह करितात, ते प्राणी वनस्पतींवरच पोसलेले असतात; तेव्हां प्रत्यक्षपणें किंवा अप्रत्यक्षपणें सर्वच प्राणी वनस्पतिजन्य अन्नसेवन करितात. या कारणामुळें वनस्पतींमध्यें ज्या दोनतीन मूलतत्वांचा पुष्कळसा अंश आहे, त्याच

मूलतत्वांचा तितकाच मोठा अंश सामान्यतः माण्यां-च्या शरीरांत व विशेषतः त्यांच्या रक्तांत उत्पन्न हो-तो; या मूलतत्वांपैकीं कार्बन व हायड्रोजन हे दोन आहेत. ज्याप्रमाणें लांकूड अर्धवट जळलें ह्मणजे त्यापासून कोळसा बनतो, ह्मणजे न जळलेला कार्बन मागें राहतो, त्याप्रमाणेंच रक्ताची स्थिति आहे. रक्तापासूनही कार्बन किंवा कोळसा तयार करितां येतो ही गोष्ट या दोन पदार्थांच्या रासायनिक सा-दृश्याची एक निदर्शक आहे. शरीरांतील अनेक भिन्न भागांस लागणारे पोषाक रस रक्ताभिसरणानें त्या त्या भिन्न भागांस रक्तांतून प्राप्त होतात; व त्या भागांचे जीर्ण व निरुपयोगी अंश रक्तप्रवाहांत मिळून अशुद्ध झालेलें रक्त पुनः शुद्ध होण्याकरितां फुप्फुसांत येतें. या ठिकाणीं श्वासोच्छ्वासाबरोबर फुप्फुसांत भरणाऱ्या आक्सिजनशीं रक्तांतील अशुद्ध अंशांचा रासायनिक संयोग होतो. फुप्फुसांत रक्त येतें तें अशुद्धपणामुळें काळवटलेलें असें येतें; तें फुप्फुसांतून हृदयांत शिरतें तेव्हां शुद्ध झाल्यानें पुनः लालभडक होतें. मध्यंतरीं फुप्फुसांत असतांना आक्सिजनशीं संयोग पावून त्यांतील अशुद्ध अंश जळून जातात; त्यांचा मंददाह होतो. या मंददाहापासून उत्पन्न होणारे पदार्थ का० आ-क्सिड व पाणी हेच होत; या दाहापासून जरी जाळ होत नाहीं तथापि रक्त प्रत्यक्ष जाळल्यापा-

ळून जितकी उष्णता उत्पन्न व्हावयाची तितकीच उत्पन्न होते. शुद्ध झालेलें रक्त या उष्णतेनें तापतें, व त्या रक्ताच्या अभिसरणानें आपलें सर्व शरीर उबदार राहतें. आपणांभोंवतालचे बहुतेक पदार्थ व हवा सामान्यतः आपणांहून थंड असतात. व त्यामुळें आपलें शरीर बाहेरून सारखें निवत असतें, परंतु इतर पदार्थांप्रमाणें तें अगदीं थंड कदापि होत नाहीं, याचें कारण आतां तुमच्या सहज लक्षांत येईल. रक्ताचा व आक्सिजनचा फुप्फुसांत होणारा रासायनिक संयोग अथवा रक्ताचा मंददाह हेंच याचें कारण. प्राणी जन्मास आल्यापासून मरेपर्यंत त्याच्या अंगांत ऊब असते, तो मेला ह्मणजे 'थंड झाला' असें त्यास आपण म्हणतों. रक्ताचा व आक्सिजनचा संयोग घडवून आणण्याचें साधन श्वासोछ्वास हें आहे; जोंवर शरीरांत प्राण आहे तोंवर श्वासोछ्वासास खळ पडत नाहीं, पडल्यास प्राण कासावीस होतो. प्राणी या शब्दाचा मूळ अर्थच, 'विशेषेंकरून श्वासोछ्वास करणारा' हा आहे, व प्राणधारणाचें श्वासोछ्वास हें मुख्य साधन आहे. जेव्हां शरीर थंडीमुळें फारच निवूं लागतें, तेव्हां श्वासोच्छ्वास विशेष जोरानें चालतो, व त्यामुळें शरीरांत अधिक उष्णता उत्पन्न होते. धांवतांना, चढतांना, अथवा कोणत्याही प्रकारचे शारी-

रिक श्रम करीत असतां श्वासोच्छ्वास विशेष जोरानें चालतो, व त्या कारणानें श्रम करणाराचें शरीर स्वस्थ बसलेल्याच्या शरीराहून अधिक तापलेलें असतें. शरीरास वस्त्राच्छादित करणें हा शरीरास निवूं न देण्याचा बाह्यात्कारी उपाय आहे; जेव्हां कपडे उबदार आहेत असें आपण म्हणतों तेव्हां त्यांच्या अंगीं शरीरांतील ऊब राखण्याचा, ह्मणजे तें निवूं न देण्याचा गुण आहे, असा तत्वतः आपल्या ह्मणण्याचा अर्थ होतो. कपड्यांमध्यें स्वतः उष्णता उत्पन्न करण्याची शक्ति नाहीं; तसें असतें तर मृत शरीरासही त्यांच्या साहाय्यानें ऊब येती, परंतु तसें कोठें घडलेलें कोणाच्या ऐकिवांत नाहीं, व घडण्याचा बिलकुल संभवही नाहीं. रक्ताच्या मंद दाहानें शरीर उबदार राहतें हें एक त्या दाहाचें कार्य होय, याशिवाय त्यापासून आणखी कांहीं कार्यें होतात तीं अन्य प्रसंगीं सांगितलीं जातील.

* (☞ पृष्ठ १२० पहा) आमच्या प्राचीन वैद्य लोकांस या उष्णतेचें ज्ञान होतें; परंतु ती कशी कोठें उत्पन्न होते याविषयीं त्यांस शोध लागला नसावा; तेव्हां त्यांनीं जठराग्नि किंवा पोटांतला अग्नि असा एक अग्नीचा प्रकार कल्पिला, व तो ह्या मंददाहाची क्रिया करितो असें कल्पिलें व अन्नपाचनादि कार्येंही त्याकडे सोंपवून दिलीं. परंतु रक्ताच्या मंद दाहाचें मुख्य ठिकाण फुप्फुसांत आहे; व रसायनसंयोग हें तज्जन्य उष्णतेचें अथवा अग्नीचें मूळ कारण आहे; त्याअर्थीं रसायनसंयोगजन्य फुप्फुसाग्नि ही संज्ञा शारीरिक उष्णतेच्या खऱ्या कारणास दिली असतां विशेष शोभेल.

३. स्वच्छ हवेची आवश्यकता. जर श्वासोच्छ्वास हें प्राणधारणाचें मुख्य साधन होय, व तें अशाकरितां कीं त्यामुळें रक्ताच्या शुद्धीकरणास लागणारा आक्सिजन फुप्फुसांत भरतो, तर उघडच आहे कीं ज्या हवेंत आपण श्वासोच्छ्वास करितों ती आक्सिजनप्रचुर असली पाहिजे; ह्मणजे तींतील आक्सिजन आधींच खपून गेलेला नसावा. एखाद्या कोंदट जागेंत फार मनुष्यांचा जमाव झाल्यास तेथें गुदमरल्यासारखें होतें, व नंतर बाहेर खुल्या हवेंत येतांच मनास मोठा आल्हाद वाटतो, हें सर्वांच्या अनुभवास आलेलेंच असेल. याचें कारण कोंडल्या जागेंत हवेंत असलेला आक्सिजन ज्या मानानें खपत जातो, त्या मानानें नवा आक्सिजन आंत येऊन भरत नाहीं. उलट कार्बानिक आसीड हा विषारी वायु हवेंत सांचत जातो. इतिहासप्रसिद्ध ब्ल्याकहोलमध्यें कोंडलेले लोक प्राणास मुकण्याचें मुख्य कारण स्वच्छ आक्सिजनची दुर्मिळता व का० आसिडचा संचय, हें आतां तुमच्या सहज लक्षांत येईल.

ब्ल्याकहोलमध्यें कोंडलेले लोक हवेंत असून पाण्यांत बुडविल्याप्रमाणें होते, कारण मनुष्य पाण्यांत बुडाला असतां ज्या इंद्रियांचा श्वासोच्छ्वासानें आक्सिजन फुप्फुसांत भरण्याकडे उपयोग व्हावयाचा तीं

इंद्रियें केवळ पाणी शरीरांत भरूं लागतात; कोंड-
ल्या हवेंतील मनुष्य पाण्याऐवजीं अवशिष्ट राहि-
लेला नायट्रोजन, नवीन तयार झालेला का. आसी-
ड व शरीरांतून श्वासोच्छ्वासाबरोबर व घामाबरा-
बर बाहेर पडणारे व हवेंत तरंगत रहाणारे मलरूप
पदार्थ, हे फुप्फुसांत भरतो. त्यास समाधान एवढेंच
असतें कीं आपण श्वासोच्छ्वास करीत आहों; परंतु
शारीरशास्त्रवेत्त्यांनीं प्रयोगसिद्ध असें दाखविलें
आहे कीं, हवेंत कार्बानिक आसिडचें प्रमाण ज्या
मानानें अधिक त्या मानानें नाडी मंद वहायास
लागते, व हा वायु व तदनुयायी हवेंत तरं-
गणारे मलजंतुरूप सूक्ष्म परमाणु यांच्या श्वासोच्छ्वा-
सानें शरीरांत रोगांचें बीज उत्पन्न होतें व मनुष्य
निस्तेज दिसतो. कोणीही शोधक मनुष्यानें अवलो-
कन केल्यास त्यासही या गोष्टींचा प्रत्यय येईल.
केव्हां केव्हां आपण आपल्या भोंवतीं ब्ल्याकहोल
करून घेतों; ह्मणजे आपलें नाक तोंड लठ्ठ जाडी
पांघरूणांनीं वेष्टून घेऊन आपण निजतों. या संवयी-
मुळें कित्येक लोक निस्तेज रोगट दिसतात.
अज्ञान स्त्रियांच्या ताब्यांत असलेल्या मुलांवर या
जातीचा परिणाम विशेषेंकरून घडतो; कारण मोठा
मनुष्य गुदमरलेंसें वाटतांच कांहीं वेळ पांघरूण ए-

कीकडे करूं शकतो, परंतु लहान मुलांस तसें करण्याची शक्ति नसते.

या सर्व गोष्टींवरून स्वच्छ हवेंत राहण्याची अवश्यकता तुमच्या लक्षांत येऊन चुकली असेल. ताजी हवा निरंतर आंत येत राहील, वाईट झालेली हवा बाहेर जात राहील, अशी ज्या घरांत योजना नाहीं तें घर निःसंशयपणें आरोग्यास बाधक होईल. युरोपीय लोकांत सामान्य शास्त्रज्ञानाचा पुष्कळ प्रसार झाला असल्यानें ह्या गोष्टीचें महत्व त्यांस जितकें कळतें तितकें आपल्या लोकांस अद्याप कळूं लागलें नाहीं; परंतु सुशिक्षित लोकांनीं तें जितकें लोकांच्या नजरेस आणवेल तितकें आणण्याचा सतत क्रम ठेविला पाहिजे, व विशेषतः अल्पवयस्क मुलांच्या मनावर या गोष्टीविषयींचा विशेष ठसा उमटविला पाहिजे.

४. बाटलींत कांहीं वेळ मेणबत्ती जळली असतां ती आपोआप विजते, व बाटलींत कार्बानिक आसिड व पाण्याची वाफ हीं उत्पन्न होतात हें मागील व्याख्यानांत प्रयोगानें दाखविलें. मनुष्याच्या श्वासोच्छ्वासापासूनही हे दोन पदार्थ उत्पन्न होतात हें आतां प्रयोगानें दाखवितों.

प्रयोग १ ८१. आपण जो श्वास आंत घेतों त्यामध्यें का० आसिड वायु फारच कमी असतो, परंतु जो श्वास बाहेर टाक-

तों त्यांत हा वायु पुष्कळ असतो, हें दाखविण्याकरितां प्रथम या चुन्याच्या निवळीनें भरलेल्या ग्लासांत भात्यानें कांहीं वेळ हवा फुंकतों. भात्यामध्यें हवेचें रसायनस्वरूप बदलण्यास कांहीं कारण नाहीं त्यामुळें चुन्याच्या निवळीवर हवेचा जो परिणाम होणार तो या दिवाणखान्यांतील हवेंत साधारण-पणें जेवढा का० आसिड वायु असेल तेवढ्याच्या प्रमाणानें होईल. पहा, बराच वेळ भात्यानें फुंकलें तरी निवळीस थोडाही पांढरा रंग आला नाहीं. परंतु आतां तुम्हांपैकीं कोणी तरी ही नळी घेऊन आपला उच्छ्वास नळीवाटें या नि-वळींत सोडा; म्हणजे ताबडतोब तीस दुधासारखा रंग येईल. पहा, याप्रमाणें खरेंच घडलें कीं नाहीं. परंतु समसमान भाग हवा व उच्छास चुन्याच्या निवळींत सोडिले असतां स्वाभा-विकपणें हवेंत असलेल्या व आपल्या फुप्फुसांत उत्पन्न झाले-ल्या का० आसिड वायूच्या प्रमाणाची तुह्मांस विशेष कल्पना येईल. एवढ्या करितां अशी प्रयोगरचना करूं कीं श्वासानें आपण जी हवा आंत घेतों ती एका बाटलींतून येत असतां तिजमधील का० आसिड त्या बाटलींतील चुन्याच्या निवळींत च रहावा; व श्वास सोडतांना छातींतील हवा दुसऱ्या बाटलींत जावी व त्यामुळें तिजमधील निवळीवर तिचा पूर्ण परिणाम व्हावा. (आ० ३३) असें केल्यावर दोन्ही बाटल्यांतील निवळीच्या रंगांत जो फेर पडेल त्यावरून दर श्वासागणिक हवेंतील किती कार्बानिक आसिड आपण वाढवितों हें तुमच्या सहज लक्षांत येईल. आतां याप्रमाणें ही येथें रचना केली आहे. **क** या नळीनें श्वास आंत ओढल्यास व **इ** ही नळी बंद ठेविल्यास **ड** या नळींतून हवा **अ** या बाटलींत शिरेल, व चुन्याच्या निवळींतून बाहेर पडतांना त्या हवेंत मूळचा असलेला का० आसीड वायु निवळींतच अडकून राहून शुद्ध हवा फुप्फुसांत शिरेल. मग श्वास सोडतांना **ड** ही नळी बंद करून **इ** ही नळी खुली ठेविली अ-

सतां उच्छ्वासाचा वायु ब या बाटलींतील निवळींतून बाहेर पडूं लागेल. त्यांतील का. आसीड निवळींत अडकून राहील व बाकी हवा इ वाटेनें निघून जाईल. याप्रमाणें तुम्ही कोणी स्वतः प्रयोग करून पहा.

आपण आंत श्वास घेतों त्यापेक्षां बाहेर सोडितों त्यांत वाफ अधिक असते हें प्रयोगानें सहज दाखवितां येण्याजोगें आहे. चाकूचें स्वच्छ चकचकीत पातें किंवा कांचेचा स्वच्छ कोरडा तुकडा घेऊन तो हवेंत जोरानें हलविला किंवा त्यावर भात्यानें हवा फुंकिली तथापि-तो वाफ बसून अंधक होणार नाहीं; परंतु त्यावर आपला श्वास सोडिल्यास तो लागलींच अंधक होईल. तसेंच थंडीच्या दिवसांत पहाटेस आपण श्वासोच्छ्वासाबरोबर जी हवा बाहेर सोडितों तिजमध्यें असलेल्या वाफेचें लागलींच धुकें बनतें व तें आपणांस दृश्य होतें. जसें मेणबत्ती जळत असतां तिजपासून हातावर देण्या इतकें पाणी मागील खेपेस करून दाखविलें तसेंच श्वासोच्छ्वासाचें पाणी धरून दाखवितां येईल. परंतु ही गोष्ट इतकी स्पष्ट आहे कीं ती स्पष्टतर करणें तुह्मांस कंटाळवाणें होईल.

५. आक्सिजन नाहीं अशा ठिकाणीं प्राण्यांची स्थिति. जेथें हवा मुळींच नाहीं तेथें प्राणी जिवंत रहाणार नाहीं, हें प्रयोगानें दाखविण्याची गरज नाहीं; व दाखविल्यास त्यांत तुह्मांस क्रौर्य वाटेल. परंतु जेथें हवा फारच विरळ झालेली असते तेथेंही प्राणिवर्ग जिवंत राहूं शकत नाहीं, हें वैमानिकांच्या प्रत्यक्ष अनुभवावरून सिद्ध होतें. विमानांत बसून किंवा पर्वतावर चढून फार उंच गेल्यास श्वासोच्छ्वासास फारच अडचण पडते, कारण हवा विरळ झाल्यानें द-

रएक श्वासाबरोबर जी हवा आंत येणार तींत आक्सि-
जन फारच थोडा असणार; तेव्हां पुरेसा आक्सिजन
मिळण्याच्या आशेनें मनुष्य धापा टाकूं लागतो,
व तसें करूनही न भागल्यामुळें मूर्च्छा येऊन पडतो.
मत्स्यादि जलचर प्राण्यांच्या श्वासोच्छ्वासास आपणांपेक्षां
फारच कमी आक्सिजन लागतो, व तो त्यांस पाण्यांतून
मिळतो. कारण पाण्यामध्यें आक्सिजन शोषून अथ-
वा जिरवून धरण्याची शक्ति आहे. हा पाण्यांत जि-
रलेला आक्सिजन पाण्यापासून वेगळा करून श्वासो-
च्छ्वासाच्या कामीं लाविण्याकरितां मत्स्यादिकांस एक
निराळा अवयव असतो; व त्या अवयवाच्या व्यापारानें
त्यांचें जीवन चालतें. ज्या पाण्यांतून सर्व आक्सिजन
अथवा सर्व जिरलेली हवा काढून घेतली आहे,
अशा शुद्ध पाण्यांत मासे जिवंत रहात नाहींत. पा-
ण्यास कढ आणून त्यांतील हवा काढून टाकितां येते;
मग तें पाणी थंड झाल्यावर त्यांत मासे टाकिल्यास
व आंत पुनः हवा न शिरूं दिल्यास त्यांत मासे
जगणार नाहींत.

नुसत्या का० आसीडमध्यें प्राणी सोडिला असतां
त्याची कशी स्थिति होते हें पुढील गोष्टीवरून
तुमच्या लक्षांत येईल. इताली देशांत नेप-
ल्स शहराजवळ 'ग्रोटो डेल काने' ह्मणजे 'कुत्र्यां-
ची गुहा' ह्मणून एक गुहा आहे त्या ठिकाणीं कुत्रीं

आंत सोडिलीं असतां तीं लागलींच बेशुद्ध होऊन पडतात, व मग त्यांस लागलींच ओढून बाहेर काढिलें असतां कांहीं वेळ हवेंत श्वासोच्छ्वास केल्यावर तीं पुनः सावध होतात. परंतु मनुष्य आंत गेला असतां त्याजवर असा परिणाम घडत नाहीं. याचें कारण असें कीं गुहेमध्यें कार्बानिक आसिड वायु खालच्या बाजूनें निघून सारखा भरत असल्यानें तळापासून दोन हात उंचीपर्यंत त्याचा सारखा थर बनतो. वरच्या बाजूस त्यांत हवा मिसळून गेल्यानें तो वायु विरळता पावतो; त्यामुळें लहान जनावरें आंत शिरतांच त्यांस निवळ का० आसिडमध्यें श्वासोच्छ्वास करावा लागतो, व तीं बेशुद्ध होऊन मरणोन्मुख होतात; परंतु उंच मनुष्यास तो फारसा बाधत नाहीं. या गुहेजवळ प्रेक्षकांस चमत्कार दाखविण्याकरितां कांहीं कुत्रीं बाळगून ठेविलेलीं आहेत; कोणी प्रेक्षक आला कीं एखाद्या कुत्र्यास आंत पळवितात; थोड्या वेळांत तें बेशुद्ध होऊन पडतें मग त्यास बाहेर ओढून काढितात, तेव्हां स्वच्छ हवा मिळाल्यानें तें पुनः सावध होतें.

६. याप्रमाणें ज्वलनक्रियेनें, श्वासोच्छ्वासानें, कोठें ज्वालाग्राही पर्वतांच्या बाजूंस जमीन फाटून, कोठें उद्भिज्ज व प्राणिज पदार्थ हवेंत कुजून, व अशाच दुसऱ्या कित्येक सृष्ट व कृत्रिम रसायन व्यापारांपासून

जो एकंदर कार्बानिक आसिड वायु दररोज हवेंत मिसळून जात आहे त्याची तुम्हींच कल्पना करा! दररोज घरोघर जितकें जळण जळत आहे, जितके दिवे पेटत आहेत, जितके पदार्थ कुजत आहेत, जितकीं माणसें व जनावरें श्वासोच्छ्वास करीत आहेत, तितक्या सर्वांपासून उत्पन्न होणाऱ्या का० आसिड वायूचें आकारमान काढिल्यास घराचा बराच भाग केवळ त्या वायूनें भरेल इतकें कदाचित् होईल; तेव्हां मोठमोठ्या शहरांत जेथें लक्षावधि प्राणी श्वासोच्छ्वास करीत आहेत, कित्येक खंडी जळण व तेल जळत आहे, तेथें या वायूची केवढी मोठी उत्पत्ति रोजच्यारोज चालली असली पाहिजे! इतकें असून अशा ठिकाणीं मनुष्यें आरोग्य राखून राहूं शकतात तरी कशीं याचा तुम्हांस मोठा अचंबा वाटेल.

दुसरें असें दिसून येतें कीं का० आसीड हा विषारी वायु हवेपेक्षां जड आहे. या कारणामुळें तो धरणें झाल्यास वायुवाहक नळी एखाद्या उताण्या भांड्याच्या तळाशीं नेऊन सोडून दिली तर बस्स आहे. त्या भांड्यांत तो वायु सांचतो. हवेनें भरलेले साबणाच्या फेंसाचे फुगे या वायूवर तरंगत राहतात. हा वायु पाण्याप्रमाणें एका भांड्यांतून दुसऱ्या भांड्यांत ओतितां येतो. हवेपेक्षां हा वायु सु-

मारें दीडपट अधिक वजन भरतो. तेव्हां साहजिक अशी कल्पना मनांत येते कीं, हा वायु आपल्या जडपणानें पाण्याप्रमाणें पृथ्वीतलाशीं येऊन त्याचा थर बनावा; व तसें झालें ह्मणजे इतक्यांत सांगितलेल्या कुत्र्यांच्या गुहेप्रमाणें सर्वच पृथ्वीची स्थिति होऊन जावी व कोणीही प्राणी पृथ्वीपृष्ठावर जिवंत राहण्याचा संभव उरूं नये. परंतु तसेंही कांहीं दृष्टोत्पत्तीस येत नाहीं.

शिवाय आज हजारों वर्षें ज्वलनादि क्रियांनीं हवेंतील आक्सिजनचा सारखा फडशा पडत असतां तो अद्याप सर्व हवेचा एक पंचमांश इतका शिलक तरी राहिला कसा? नित्यशः एवढी मोठी का० आसीडची हवेंत भर पडत असतां त्यानें अद्याप सर्व वातावरण कां भरून गेलें नाहीं? अशा प्रकारच्या शंका मनांत येऊन कदाचित् कोणास रसायनवेत्त्यांचे सर्व सिद्धांत झूट आहेत, असें वाटेल! परंतु या सर्व शंकांचें सयुक्तिक व समाधानकारक उत्तर देतां येतें.

७. **वायुविसर्पण.** पातळ पदार्थ व वायु यांमध्यें एक मोठा भेद दिसतो तो हा कीं, कित्येक पातळ पदार्थ एकमेकांशीं मुळींच मिसळत नाहींत, कित्येकांस मिसळायास फार वेळ लागतो, व परस्परांत रसायनाकर्षण असल्याखेरीज कोणताही पातळ प-

दार्थ दुसऱ्याशीं जलद मिसळत नाहीं. या कारणामुळें जे पातळ पदार्थ परस्परांत मिसळत नाहींत, त्यांचे भांड्यांत एकावर एक असे थर बनतात, सर्वांत जड असेल तो खालीं बसतो, सगळ्यांत हलका असेल तो अगदीं वर तरंगतो. याप्रमाणें पारा पाणी व तेल यांचे भांड्यांत थर बनतात. जे पातळ पदार्थ एकमेकांत मिसळतात तेही सावकाश व जपून ओतले तर त्यांचे थर बनतील व त्यांचे पूर्ण मिश्रण होण्यास फार वेळ लागेल. पाण्यांत तुरटी विरघळली असतां तें पाणी साध्या पाण्यापेक्षां जड होतें. तुरटीच्या पाण्यास कांहीं रंग दिला असतां त्या पाण्यावर साधें पाणी ओतून तरंगायास लावितां येईल. याप्रमाणें कित्येक ठिकाणीं समुद्राच्या खाऱ्या पाण्यावर नद्यांचें गोडें पाणी तरंगतांना दृष्टीस पडतें. परंतु वायूंची याहून अगदीं भिन्न स्थिति आहे. कोणताही वायु घेतला तरी तो दुसऱ्या कोणत्याही वायूशीं आपोआप मिसळूं शकतो, मग तो त्याच्याहून हलका असो, जड असो, अथवा सारख्याच गुरुत्वाचा असो. या गोष्टीची प्रतीति प्रत्येकास थोडी बहुत असेलच. गिरणीच्या मोठ्या उंच चिमणींतून निघणारे धुराचे लोट चिमणींतून बाहेर पडतांच पसरल्यासारखे दिसतात व थोड्याच अंतरावर त्यांचा मागमूसही दिसत नाहीं. तसेंच

पाणी तापत असतां त्यापासून निघणाऱ्या वाफा थोड्या अवकाशांत हवेशीं मिळून दिसेनाशा होतात. सुगंधी किंवा दुर्गंधी पदार्थांच्या भांड्यांचीं तोंडें उघडतांच त्यांचा वास जिकडे तिकडे पसरतो; कारण वाफेच्या रूपानें त्यांचे बारीक कण मोकळीक मिळतांच हवेंत विसर्पण करूं लागतात. या सर्व गोष्टी प्रत्येकाच्या अनुभवास आलेल्या असाव्या.

वायूंच्या या परस्परमिश्रणाच्या गुणास **विसर्पण** असें ह्मणूं. वायुविसर्पणाविषयीं खरें निश्चयात्मक ज्ञान करून देण्यास एक दोन प्रयोग करून दाखविले पाहिजेत. या प्रयोगांनीं असें दाखवितों कीं, एक हलका व एक जड अशा दोन वायूंच्या दरम्यान पडदा किंवा लिंपण घालून ते जरी विभक्त ठेविले तथापि त्यांमध्यें आपोआप मिश्रण होऊं लागतें व तें कांहीं वेळानें इतकें पूर्णपणें होतें कीं जणूं काय कोणी ते दोन वायु हलवून ढवळून मिसळून दिले आहेत. एवढें मात्र केलें पाहिजे कीं मध्यें जो पडदा किंवा जें लिंपण आपण घालूं तें वायूंचा संचार होईल इतकें सच्छिद्र असलें पाहिजे. याप्रमाणें जेथें परस्परांच्या मिश्रणास मध्यें विघ्नें असतात तेथें ही जर हें मिश्रण होऊं शकतें तर जेथें तशीं विघ्नें नाहींत तेथें तें होईल यांत शंकाच नाहीं. दुसरें या प्रयोगांनीं असें दाखवितों कीं जड

वायु खालीं व हलका वायु वर असे मांडिले तथापि त्यांमध्यें विसर्पण व्हावयाचें तें होतेंच; मग हलका खालीं व जड वर असे मांडिल्यास तें होईल यांत नवल नाहीं.

प्रयोग २ रा. (आ० ३४) ही एक कांचेची नळी आहे. इच्या एका तोंडास पांढऱ्या मातीचें लिंपण केलेलें आहे. या नळीचा खालचा भाग वाकवून त्यांत थोडा पारा भरला आहे, बाकी नळी हवेनें भरलेली आहे. आतां ही हायड्रोजननें भरलेली बाटली या लिंपलेल्या तोंडावर पालथी घालतों; पहा, हायड्रोजन नळींत शिरूं लागल्यानें नळींतील हवा फुगून ती आपल्या दाबानें पाऱ्यास बाहेर ढकलून देत आहे; व पारा कारंज्याप्रमाणें उडत आहे. वास्तविक पहातां हायड्रोजन हा हवेपेक्षां हलका आहे; तो नळीच्या वरच्या बाजूस आहे, तथापि नळीच्या आंत व बाहेर तो हवेशीं मिश्र होतो. आतां बाटलींत हवा शिरली हें दाखविण्यापूर्वी बाटली काढून घेतल्यास काय होतें तें पाहूं. तूर्त नळींत पुष्कळ हायड्रोजन शिरलेला आहे, व बाटली काढल्यामुळें लिंपणाच्या भोंवतीं बाहेरून नुसती हवा राहिली. या कारणामुळें आतां नळींतील हायड्रोजन लिंपणावाटें पुनः बाहेर पडून हवेंत मिसळूं लागेल व त्यामुळें नळीचें अग्र पाऱ्यांत बुडविल्यास पारा पुनः नळींत शिरूं लागेल. हवा व का० आसिड यांमध्यें ही असाच संकर सुरू होतो हें आतां पुनः प्रयोग करून दाखविण्याची जरूरी नाहीं. आतां बाटलींत हायड्रोजन व हवा यांचें मिश्रण आहे असें दाखवितों.

वायुविसर्पणाच्या नियमांविषयीं अधिक माहिती

या प्रसंगीं देणें अवश्य नाहीं. आतां जीं उदाहरणें दिली व जे प्रयोग केले ते नीट लक्षांत आणिले तर का० आसिड, वाफ, धूर, सुगंधी व दुर्गंधी वायु हे एके ठिकाणीं कां कोंडून रहात नाहींत, त्यांचे थर कां बनत नाहींत, इत्यादि गोष्टींची परिस्फुटता होईल जर वायूमध्यें विसर्पणगुण नसता तर गरीबगुरीबांच्या चिखलमातीच्या घरांत किती अमंगळ वायु सांचले असते याचा तुह्मीच विचार करा; परंतु अशीं घरें जरी केवळ अंधारकोठड्या असल्या, जरी त्यांमध्यें हवा फिरत आहे असें प्रत्यक्ष कोठें दिसलें नाहीं, तथापि त्या घरांचीं काड्यामोड्यांचीं छपरें व मातीच्या भिंतीच कांहीं अंशीं खिडक्यांचें काम करितात; कारण घरांतील बाधक वायु त्या छपरांतून व भिंतींतून विसर्पणानें बाहेर जाऊन, बाहेरील आरोग्यदायक वायु सारखे घरांत शिरत असतात. ज्या घरास खिडक्या, दारें आहेत, जेथें वाऱ्याचा प्रत्यक्ष प्रवाह वाहतो, तेथें ही विसर्पणक्रिया विशेषच जोरानें चालते; दर घडीस नवी हवा घरांत भरत असते, व घरांतील हवा वाऱ्याच्या प्रवाहांत सांपडून लांब वाहून जाते. याप्रमाणें वायुविसर्पण व वायुप्रवाह अथवा वारा, यांनीं शहरांतील हवेची घाण धुण्याचें काम व भोंवतालच्या मैदानावरील ताजी हवा आंत भरण्याचें काम अस्खलित

चालविलें आहे. आपल्या आरोग्यास, आपल्या सु-खास, व सृष्टीच्या आल्हादकत्वास या हवेच्या गु-णाची किती अनिवार आवश्यकता आहे, हें शास्त्र-ज्ञानावांचून लक्षांत येण्याजोगें नाहीं; आपल्या अ-ज्ञानामुळें, आळसामुळें व अमंगळपणामुळें आपल्या आरोग्यास होणारे अपाय कांहीं अंशीं दूर करण्या-करितांच कीं काय, ईश्वरानें वायूमध्यें हा गुण नि-सर्गतः ठेविला आहे. शास्त्रज्ञानानें आपणांस आपल्या आरोग्याच्या व सुखाच्या आवश्यकता कळूं लाग-ल्यावर जर आपण सृष्टीच्या या साहजिक व्यापा-रांपासून फायदा करून घेतला नाहीं, व त्यांपासून उत्तरोत्तर अधिकाधिक फलप्राप्ति करून घेतली नाहीं, तर आपल्या बुद्धीचा व ज्ञानाचा काय उपयोग?

८. **वातावरणाची अगाध धारणशक्ति.** आतां दुसरा प्रश्न असा कीं ज्वलनादिक्रियांमुळें रोजच्या रोज इतका आक्सिजन खपत असतांही, व ह्या क्रि-या हजारों वर्षें सारख्या चालू असतांही अद्यापि आक्सिजनचा हवेंत एवढा मोठा अंश कसा उरला आहे; व तसेंच का० आसीड रोजच्यारोज इतका नवा उत्पन्न होत असतांही त्याचें प्रमाण अद्यापि इतकें कमी कां राहिलें आहे. दहा हजार मापें ह-वेचीं घेतलीं असतां त्यांत कायतीं ३.५ पासून ४ मापें कार्बानिक आसिडचीं सांपडतात; व हें प्रमाण सामा-

न्यतः बदलत नाहीं. या गोष्टीचें प्रथमदर्शनीं असें एक कारण लक्षांत येतें कीं ज्वलनादि अनेक रसायनक्रियांपासून उत्पन्न होणारा एकंदर कार्बानिक आसीड वायु घेतला, तथापि वातावरणाच्या अगाध उदरावकाशांत त्याचा कोठें लोप होईल याचा पत्ता ही लागणार नाहीं. तेव्हां जरी एखाद्या लहानशा कोंडलेल्या जागेंतील हवा का० आसीडाच्या प्राचुर्यानें त्वरित दूषित होऊं शकली, तथापि सर्व मोकळ्या वातावरणाची हवा या प्रकारें दूषित होण्यास अत्यंत काळ लागेल. उदाहरणार्थ पुण्यासारख्या लाख सवा लाख वसतीच्या शहराचा विस्तार फार झालें तर २५ चौरस मैल भरेल; ह्मणजे असलें शहर सरासरीनें ५ मैल लांब व ५ मैल रुंद आहे असें आपण समजूं. या सवा लाख वसतींपैकीं प्रत्येक मनुष्य सरासरीनें दररोज ५ शेर कार्बनचें मंद किंवा तीव्र दहन करितो असें समजल्यास ६·२५ लक्ष शेर एकंदर कार्बन जळतो असें होईल. दर १२ भाग कार्बनपासून ४४ भाग का० आसीड उत्पन्न होतो, त्या अर्थी एकंदर जवळ जवळ २३ लक्ष शेर का० आसीड वायु उत्पन्न होईल. हा वायु हवेच्या दीडपट वजन आहे, त्याच्या प्रत्येक घनफुटाचें वजन सुमारें २ औंस किंवा ५ तोळे असतें, तेव्हां १६ घनफु-

टांचें वजन १ शेर होईल. व २३ लक्ष शेर का० आसीडचें आकारमान ३६८ लक्ष घनफूट होईल. इतका वायु २५ चौरस मैलांवरील हवेमध्यें १००० फूट उंचीपर्यंतच हवेशीं मिसळून गेल्यास, दर घनफूट हवेंत त्याचें प्रमाण किती वाढेल हें पाहूं. एक मैल ह्मणजे ५२८० फूट, परंतु ठोकळ मानाकरितां ५००० फूटांचा एक मैल असें घेऊन आपण हिशेब करूं. एक एक चौरस मैलांत २,५०,००,००० चौरस फूट होतील, व २५ चौरस मैलांत ६२,५०,००,००० चौरस फूट भरतील. इतक्या क्षेत्रावरील १००० फूट उंचींत एकंदर ६,२५,००,००,००,००० इतक्या घनफूट हवेचा समावेश होतो, व इतक्या घनफुटांत ३,६८,००,००० घनफूट का० आसीड मिसळून दिल्यास दर एक घनफूट हवेंत जवळ जवळ १/१६००० घनफूट कार्बानिक आसीडची दररोज भर पडेल. परंतु या गणितांत शहरांतील हजार फूट पर्यंतची हवा दिवसभर अगदीं स्थिर राहिली असें गृहीत केलें आहे. परंतु वायूचा प्रवाह दर तासास २-२.५ मैल चालत आहे असें समजल्यास दर दोन किंवा तीन तासांत शहरांतील सर्व हवा बदलत जाईल, तेव्हां अहोरात्र २४ तासांत निदान आठ दहा वेळां हवा बदलली जाईल; त्यामुळें वर निर्दिष्ट केलेलें का० आसीडच्या वाढीचें

प्रमाण दर घनफुटास $\frac{1}{160000}$ इतकें मात्र होईल. परंतु हे सर्व आंकडे कमींत कमी असे घेतलेले आहेत. वातावरणाची सबंध उंची, प्राण्यांच्या वसतीच्या मानानें पहातां पृथ्वीचा एकंदर विस्तार, व वाऱ्याचा खरा वेग, यांचा विचार केला असतां हें का० आसीडाच्या वाढीचें प्रमाण किती तरी सूक्ष्म होईल याची कल्पना करा.

९. **कार्बानिक आसीड हें वनस्पतींचें मुख्य अन्न आहे.**---परंतु याप्रमाणें अतिसूक्ष्म प्रमाणानेंही रोजच्या रोज कार्बानिक आसीडाचें प्रमाण वाढत गेल्यास, व तसेंच आक्सिजनचें कमी होत गेल्यास कालांतरानें हवा प्राण्यांच्या जीवितास अपायकारक अशी होईल. कारण हल्लीं १००००त ४ या प्रमाणानें हवेंत का० आसीड आहे; तोच दुप्पट किंवा चौपट झाल्यास त्या हवेंत चांगलें आरोग्यसंरक्षण होणार नाहीं असें शारीरशास्त्रवेत्त्यांचें मत आहे. तेव्हां हवेंत कार्बानिक आसिडाचा आधिकाधिक प्रादुर्भाव होत आहे कीं काय हें जाणणें फारच महत्वाचें आहे. याप्रकारें या वायूचें प्रमाण हल्लीं मुळींच वाढत नाहीं, असें रसायनप्रयोगांवरून निश्चयात्मक सिद्ध होतें भूगर्भशास्त्रावरून उलट असें सिद्ध होतें कीं पृथ्वीच्या आद्यावस्थेच्या कांहीं युगांत या वायूचा हवेंत इतका भरणा असावा कीं

त्या वेळीं मनुष्यादि उच्च जातीच्या प्राण्यांचें पृथ्वीवर अस्तित्वच अशक्य असावें. त्या युगानंतर कालेंकरून या वायूचा जसजसा लोप होत गेला, तसतसें वरिष्ठ प्रतीच्या प्राण्यांचें अस्तित्व व जीवन पृथ्वीतलावर शक्य झालें. हल्लीं या वायूचें प्रमाण कायमचें ठरल्यासारखें दिसतें. तेव्हां या वायूस नाहींसा करून त्यांतील आक्सिजन हवेस परत मिळवून देण्याची सृष्टींत कांहीं योजना असली पाहिजे हें उघड आहे. ती योजना कोणती ते आतां सांगतों.

लांकूड, तेल वगैरे वनस्पतिजन्य अथवा उद्भिज्ज पदार्थांच्या घटकांशांत निम्मा किंवा निम्याच्या जवळ जवळ इतका कार्बन असतो. वनस्पतींच्या शरीरांचे इतर घटकांश त्यांस जमिनींतून मिळूं शकतात; परंतु त्यांतील कार्बन हा सर्व त्यांस हवेंतून किंवा हवा ज्यांत जिरली आहे अशा पाण्यांतून घ्यावा लागतो. जो वायु विषारी म्हणून आपण टाळायास पहातों तोच वायु सृष्टिरचनेंत वनस्पतींचें परमान्न आहे. या वायूवांचून वनस्पतिवर्गाची मुळींच वाढ होणार नाहीं. परंतु या वायूंतील कार्बनचें यथेष्ट सेवन करण्यास वनस्पतींस सूर्यप्रकाशाच्या रसायन क्रियेचें साहाय्य लागतें. जेव्हां सूर्यप्रकाश नसेल तेव्हां हा वायू आपल्याप्रमाणें वनस्पतींच्याही प्राणक्रियेनें बाहेर

पडत असतो. झाडांच्या पानांत वगैरे जो हिरवा भाग दिसतो त्याच्या अंगीं अशी एक विलक्षण शक्ति आहे कीं सूर्यकिरण त्यावर पडले कीं तो कार्बानिक आसीडवायूचें पृथक्करण करण्यास समर्थ होतो. या वायूपैकीं कार्बनच्या अंशाचें वनस्पतिरसांत पाचन होतें, व आक्सिजन सुटून पुनः हवेस येऊन मिळतो. ज्या झाडांस याप्रमाणें सूर्यकिरणांचा लाभ मिळत नाहीं, ह्मणजे जीं सदोदित अंधारांत किंवा सावलींत असतात, त्यांची आक्सिजन न मिळालेल्या प्राण्याप्रमाणें स्थिति होते; तीं फिकीं पडत जातात, त्यांचा हिरवेपणा नाहींसा होत जातो, व त्यांची वाढ खुंटून तीं जीवितास मुकतात. शेतकरी, माळी वगैरे लोकांस या गोष्टीचा पूर्ण अनुभव आहे. जितकीं लहान मोठीं झाडें आज जगांत वाढत आहेत किंवा नवीन उत्पन्न होत आहेत, त्या सर्वांच्या शरीराचा निम्मा भाग त्यांस हवेंतून ह्मणजे हवेंतील का० आसिडाच्या पृथक्करणापासून मिळत असला पाहिजे, ही गोष्ट लक्षांत आणिल्यावर हवेंतील कार्बानिक आसीडचें प्रमाण कां वाढत नाहीं याचें कारण निराळें सांगावयास नको. इकडे आपण ज्वलनादि क्रियांपासून उत्पन्न होणारा हा दुष्ट वायु घरांतून बाहेर कसा घालवावा या तजविजींत असतों, तिकडे बगीच्यांतील वृक्षमंडळी तो केव्हां येऊन

आपल्या पानांस लकटेल याची वाट पहात असतात. परंतु मनुष्यवसतीपासून अत्यंत दूर अशा विस्तीर्ण प्रदेशांत मोठमोठालीं अरण्यें वाढत असतात; झाड नाहीं, झुडुप नाहीं, गवत नाहीं, अशी वीतभरही जागा कोठें कोठें सांपडत नाहीं; अशा ठिकाणीं या वनस्पतिसमुदायाच्या जीवनास लागणारा हजारों खंडी कार्बानिक आसीड कोठून प्राप्त होतो ? हवेंतूनच प्राप्त होतो यांत संशय नाहीं; व ती हवा, जेथें जेथें प्राणी श्वासोच्छ्वसन करीत असतील, चुली, चिमण्या, भट्ट्या व वणवे पेटले असतील, जेथें जेथें पदार्थ कुजत असतील, किंवा ज्वालामुखीपर्वत धुमसत असतील, तेथें तेथें या वायूशीं संमिश्र होऊन, त्यास आपल्या प्रवाहांत ओढून दूर प्रदेशांतील बुभुक्षित वनस्पतींस तो नेऊन पोंचवीत असली पाहिजे. ज्याप्रमाणें हिमालयाच्या पायथ्याशीं प्रचंड गगनचुंबी वृक्ष वाढतात त्याप्रमाणेंच सतराअठरा हजार फूट उंचीवर, ह्मणजे जेथून वर या पर्वताच्या हिमाच्छादनास आरंभ होतो, तेथें अतिसूक्ष्म असें शेवाळ निवळ खडकास चिकटून वाढतांना आढळतें. आतां प्रचंड वृक्ष असो अथवा सूक्ष्म शेवाळ असो, उभयतांसही हवेंतूनच कार्बानिक आसीड पोंचला पाहिजे, व यावरून असें सिद्ध होतें कीं प्राणिवर्गानें उत्पन्न केलेला व इतर सृष्ट किंवा कृत्रिम रसायनव्यापारांनीं उत्प-

न्न होणारा हा वायु हवेच्या सहवासानें केवळ पृ-
थ्वीतलाजवळील नीच प्रदेशांतच संचार करीतो असें
नाहीं, तर हवेंतील उच्चोच्च प्रदेशांत जेथें ह्मणून
वनस्पति उत्पन्न होण्याचा यत्किंचितूही संभव आहे तेथें
तेथें तो परिभ्रमण करीत असतो.

१०. **प्राण्यांचा व वनस्पतींचा परस्पर संबंध.** याप्रमाणें सजीवकोटींतील प्राणिवर्ग व वनस्पतिवर्ग
हे परस्परांची रात्रंदिवस सेवा करून परस्परांची अ-
भिवृद्धि करीत आहेत; व निर्जीव कोटींतील हवा
हा पदार्थ त्यांस साधनीभूत झाला आहे. येथपर्यंत
प्राण्यांस व वनस्पतींस हवेपासून प्रत्यक्षपणें जे
फायदे होतात त्यांचें वर्णन केलें; परंतु हवेपासून अ-
प्रत्यक्षपणें या उभयवर्गांस जे अनेक फायदे होत
आहेत, त्यांचें वर्णन येथें करितां येत नाहीं. उष्णतेच्या
परिणामांचा व भूगर्भशास्त्रविषयक व्यापारांचा जेव्हां
पुढें आपण विचार करूं तेव्हां या हवेच्या कार्याची
परिस्फुटता करून देतां येईल. तसेंच कित्येक कोटि
योजनांवरून येणारे सूर्यकिरण आपणांस केवळ उ-
ष्णता व प्रकाशच देत नाहींत, तर वनस्पतींस व
त्यामुळें आपणांस प्राणदानही देतात ही एक गोष्ट
फारच महत्वाची व अवश्य ध्यानांत ठेवण्याजो-
गी आहे. सूर्यापासून किरणद्वारा नुसती उष्णता-
च जर आपणांस मिळेल तर तिजपासून आपलें

जीवितसंरक्षण होणार नाहीं; कारण प्राणि-वर्गाचें अन्न वनस्पति होत; खनिजद्रव्यांचा अन्नाचे ठायीं प्रत्यक्ष उपयोग होत नाहीं; त्यांचें रासायनिक रूपांतर होऊन त्यांपासून वनस्पति बनल्या पाहिजेत, व मग त्या प्राण्यांच्या उपयोगीं पडतात. परंतु या प्रकारचें रूपांतर होण्यास सूर्याच्या प्रकाशकिरणां-चें साहाय्य पाहिजे. तेव्हां प्राणिवर्ग व वनस्पतिवर्ग यांचें जीवन सर्वस्वी सूर्याच्या तेजावर अवलंबून आहे असें स्पष्ट सिद्ध होतें, व ह्मणूनच सूर्यास 'सविता' ह्मणजे जन्म - अथवा जीवित - दाता हें नांव पूर्णपणें शोभतें.

११. हवेंतील पाण्याची वाफ. हवेच्या प्रमुख घटकांशांपैकीं आक्सिजन, नायट्रोजन व कार्बानिक आसिड या तिहींचा आतांपर्यंत उल्लेख केला; चौथा घटकांश पाण्याची वाफ ही होय. वाफेचा थोडाबहुत अंश निरंतर हवेमध्यें असतो. पावसाळ्याम-ध्यें हवेंत वाफेचा फारच मोठा भरणा असतो, हिं-वाळ्यांत फार थोडा असतो, परंतु पृथ्वीतलाजव-ळील प्रदेशांत हवेंत वाफ मुळींच नाहीं असें कदापि होत नाहीं. कारण पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे जवळ जवळ चारपंचमांश पाण्यानें आच्छादित आहेत, व या जला-च्छादित प्रदेशांत पाण्याची थोडी बहुत वाफ निरंतर तयार होत असते, व ती हवेंत मिसळून दिगंतरीं पर्यटन

करिते. शिवाय प्राण्यांच्या व वनस्पतींच्या शरीरांत पाण्याचा पुष्कळ अंश आहे व जेथें जेथें प्राणी व वनस्पति वास्तव्य करितात तेथें तेथें त्यांच्या श्वासोच्छ्वासापासून व शरीररंध्रांतून पाणी अथवा वाफ बाहेर पडून हवेंत मिसळत असते. हवेमध्यें वाफेपासून जीं कार्यें घडतात तीं येथें सांगत नाहीं; पाण्याविषयीं विवेचन करितांना व उष्णतेचे परिणाम सांगतांना त्या कार्यांचें विशेष स्पष्टीकरण करितां येईल.

आक्सिजन, नायट्रोजन, कार्बानिक आसीड व वाफ, हे चार हवेचे मुख्य घटकांश होत; यांशिवाय अमोनिया वगैरे कांहीं वायु, धुरळ्याचे सूक्ष्म कण (ज्यांस आपण अणुरेणु ह्मणतो ते), व वनस्पति आणि प्राणी यांच्या शरीरांतून बाहेर पडणारे मलपदार्थ व अतिसूक्ष्म जंतु हेही हवेंत अत्यंत अल्प प्रमाणानें बहुधा सर्वकाळ सांपडतात. परंतु त्यांविषयीं येथें अधिक विवेचन करण्याची गरज नाहीं.

१२. सृष्टिविषयक शास्त्रांच्या अभ्यासाचा परमार्थदृष्ट्या विचार. या प्रमाणें आजच्या व मागील व्याख्यानांत हवेच्या प्रकृतिधर्मांविषयीं व रासायनिक धर्मांविषयीं विवेचन केलें. या विवेचनावरून हवेच्या गुणांचें, कार्यांचें व उपयोगांचें कांहीं नवें ज्ञान तुह्मांस झालें असेल, व पदार्थविज्ञान आणि रसायन या शास्त्रांचें महत्व तुमच्या लक्षांत आलें असेल. हीं शास्त्रें

प्रयोगसिद्ध आहेत, प्रयोगांवाचून पदार्थांचें यथार्थ ज्ञान होत नाहीं, केवळ कल्पनांनीं मनुष्य वस्तुस्थिति सोडून भलतीकडे भकतो, परंतु जेव्हां प्रयोग व सूक्ष्मावलोकन यांचें अवलंबन करितो, तेव्हां त्यास पदार्थांचे खरे गुण कळतात, सृष्टशक्तींचीं खरीं कार्यें समजतात, व त्यांस आपले दास करून टाकितां येतें, इत्यादि गोष्टीही तुमच्या ध्यानांत आल्याच असतील. येणेंप्रमाणें या प्रयोगपर शास्त्रांच्या अभ्यासांत केवळ स्वार्थच आहे असें नाहीं, त्यांत परमार्थही आहे. ईश्वराच्या अनंत बुद्धिमत्तेचें व अप्रतिम चातुर्याचें ज्ञान या शास्त्रांच्या अध्ययनावांचून पूर्णपणें होणें नाहींच, व ईश्वराचे ठायीं श्रद्धा व भक्ति उत्पन्न होण्यास तें होणें अत्यंत महत्वाचें आहे असें सर्व सूज्ञांचें मत आहे. परंतु त्या ज्ञानाहूनही अत्यावश्यक ज्ञान ह्मटलें ह्मणजे ज्यामुळें ईश्वराचें औदार्य, उपकारित्व व चांगुलपणा यांविषयीं आपल्या मनावर पूर्ण ठसा उमटेल तें होय. तें ज्ञान व्यवहारांत मिळत नाहीं, इतिहासांतही मिळणार नाहीं, किंवा केवळ आत्मगत सूक्ष्म मानसिक विचारानें प्राप्त होणार नाहीं. उलट, व्यवहार, इतिहास व त्यांविषयीं आत्मगत विचार यांच्या विशेष संघट्टनानें वर निर्दिष्ट केलेल्या ईश्वरी गुणांबद्दल संदेह उत्पन्न होण्याचा संभव आहे; व असा परिणाम कित्येक महान् विचारी पुरुषांवरही घडलेला

आढळतो. परंतु सृष्टिशास्त्राच्या अध्ययनानें या ईश्वरी गुणांविषयीं मनांत मुळींच शंका उरत नाहीं; व जों जों अधिक विचार करावा, जों जों अधिक सूक्ष्म अवलोकन करावें, तों तों आपली खात्री दृढतर होत जाते. सृष्टिशास्त्राच्या कोणत्याही शाखेचा प्राणिमात्रांच्या सुखास उद्देशून विचार केल्यास या गोष्टीचा प्रत्यय येईल ; परंतु या दृष्टीनें आतांच्या प्रसंगीं आपण वायुधर्मांचा मात्र विचार करूं.

प्राण्यांचें व वनस्पतींचें जीवित्व हवेवर अवलंबून आहे; हवेच्या अभावीं या उभयतांचेंही अस्तित्व अशक्य होणार हें पुनः सांगायास नकोच. परंतु ज्या अस्तित्वांत सुख नाहीं, उल्हास नाहीं, आनंद नाहीं, ईर्षा नाहीं, तें अस्तित्व धारण करून तरी काय उपयोग ? त्या अस्तित्वांत या अनेक सुखकर मनोवृत्तींचा उद्भव होईल अशीं साधनेंही उपलब्ध असलीं पाहिजेत; आणि याच उद्देशानें अशा सुखसाधनांचा ईश्वरानें आपणांकडून सर्वत्र पुरवठा करून ठेविला आहे. वनस्पतिवर्ग व प्राणिवर्ग हे एकमेकांचे सेवक व सुखसंवर्धक केले आहेत. वनस्पतींचें अन्न, ह्मणजे कार्बानिक आसिड वायु, हा हवेंत इतका प्रचुर नाहीं कीं तो प्राण्यांच्या आरोग्यास अपाय करील; प्राण्यांच्या श्वासोच्छ्वासाचें व रक्तशोधनाचें साधन, ह्मणजे आक्सिजन, हाही हवेंत इतका प्रचुर

त्यायोगें श्वासोच्छ्वसन तीव्र होऊन आपलीं
होतील, दह्य पदार्थ आपोआप पेट घेतील,
दां पेटले ह्मणजे त्यांस विजविणें अशक्य
रण निवळ आक्सिजनमध्यें बहुतेक प-
र्था वेगानें जळतात, व त्या तीव्रदाहापासून
णता उत्पन्न होते कीं तिचा अवरोध करणें
तें. जर नुसत्या आक्सिजनचें सर्व वाता-
लें असतें तर अग्नि उत्पन्न करणें मोठें धो-
म झालें असतें, व त्या अग्नीपासून आपला
यदा झाला नसता. कारण भट्टींत तापत
खंड कोळशांच्याही आधीं जळून गेलें असतें,
विलेल्या तव्यासकट भाकरी जळून जाती,
क्रियेपासून इतकें तेज व इतकी उष्णता उत्पन्न
ती आपल्या नेत्रांस व शरीरास अ-
ह्य झाली असती. परंतु हा आक्सिजन
का बेताचा ठेविला आहे कीं त्यापासून
कधींच अपाय होऊं नये, किंवा आपलीं
नष्ट होऊं नयेत. या आक्सिजनशीं जो
मिश्र करून दिला आहे, तो हवेंत मूळ-
आहे, ह्मणून त्यापासून कोणतीही अपाय-
क्रिया घडत नाहीं. तो स्वतः जळत नाहीं,
जाळीत नाहीं. श्वासोच्छ्वासास त्याचा
नाहीं हें खरें, परंतु श्वासोच्छ्वास करीत

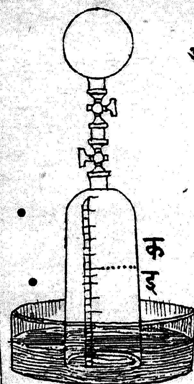
असतां तो फुप्फुसांत भरला तथापि त्यापासून कोणत्याही प्रकारचा अपाय होत नाहीं. कोणत्याही पदार्थास तो गंज आणीत नाहीं किंवा अशीच दुसरी कोणतीही क्रिया करीत नाहीं. हा वायु जरी याप्रमाणें इतका उदासीन आहे, तथापि याच्या मिश्रणानें हवेचें आकारमान पांचपट मोठें झालें आहे; त्यामुळें वाऱ्याचे मोठमोठे प्रवाह पृथ्वीवर वाहूं शकतात, सर्व पृथ्वी भिजेल इतकी वाफ हवेच्या प्रचंडोदरांत मावूं शकते, व सर्व प्रदेश सुपीक होतात. हवेमध्यें कार्बानिक आसीड, वाफ व अमोनिया हे तीन पदार्थ आहेत म्हणूनच वनस्पतींची उत्पत्ति आहे, व या वनस्पतींपासून आपणांस अन्न, आपल्या चुलींस जळण, दिव्यांस तेल, इमारतींस लांकूड, शरीरास कपडे, व ऐषआरामास फळें, फुलें, सुगंधी द्रव्यें वगैरे पदार्थ प्राप्त होतात. सूर्यकिरणांच्या प्रभावानें पानांतील जो हिरवा पदार्थ का० आसिडचें पृथक्करण करितो, तोच हिरवा रंग आपल्या नेत्रांस किती सुखदायक आहे? वनस्पती आपणांस जरी एवढी मोठी सेवा करीत आहेत, तथापि जर त्यांस हा सुखकर हिरवा रंग नसता तर त्या आपणांस इतक्या मनोहर व प्रिय कदापि झाल्या नसत्या, व शेतकाम आणि बागशाई हे उद्योग मोठे त्रासरूपी भासले असते.

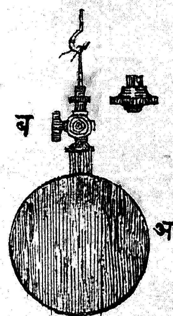
या सर्व व्यवस्थेमध्यें ईश्वराचें केवळ चातुर्यच दिसत नाहीं, तर त्याचा चांगुलपणा व औदार्य हींही व्यक्त होतात.

त्याप्रमाणेंच आपलें अज्ञान, आलस्य व अमंगळपणा यांपासून होणारी हवेची घाण निवारण करण्याकरितां वायूमध्यें विसर्पण गुण ठेविला आहे. हवा ध्वनिवाहक आहे, म्हणूनच मानवी संघट्टनाचें, सुधारणेचें व उत्कर्षाचें आदिसाधन, म्हणजे भाषा, ही उत्पन्न झाली, नाहीं तर संभाषणसुखास, काव्यरसास व गानवादनकलेस आपण मुकलों असतों. जर हवा नसती तर आकाश किती भेसुर दिसलें असतें, सूर्यकिरणांपासून किती ताप झाला असता, हें पूर्वीं सांगितलेंच आहे. परंतु हवा असल्यानें सृष्टीस केवढें सौंदर्य प्राप्त झालें आहे? तारे चमकल्यानें रात्रींही आकाश प्रेक्षणीय असतें, सूर्यकिरण हळू हळू प्रखर होऊन पुनः हळू हळू सौम्य होत जातात; संधिप्रकाशाच्या वेळीं आकाशास नानाप्रकारचे अननुकरणीय सुंदर रंग येतात; ढगांच्या गतीनें व रंगानें आकाशास चित्रविचित्रता येते; इंद्रधनुष्यें, विद्युत्पात, उल्कापात वगैरे आश्चर्यजनक देखावे दृष्टीस पडतात; व या सर्व गोष्टी मनुष्यांचें मन, जें केवळ शरीरसुख व स्वार्थपरता यांतच गुंग व्हावयाचें, त्याची प्रवृत्ति सृष्ट्यवलोक-

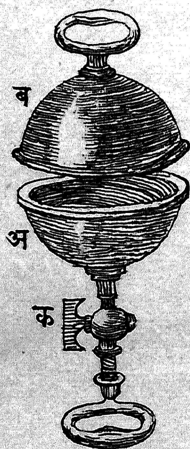
नाकडे, शास्त्रजिज्ञासेकडे व तत्वज्ञानविचाराकडे वळविण्यास उपयोगीं पडतात. याप्रमाणें जी एक गोष्ट आपल्या केवळ अस्तित्वास आवश्यक तीच सृष्टिरचनेंत अनेक भिन्नभिन्न कार्यें करीत आहे असें दिसून येतें व त्या सर्व कार्यांचे आपल्या अस्तित्वावर जे अनेक इष्ट परिणाम घडतात त्यांचा विचार केल्यास ईश्वराच्या अप्रतिम योजनाचातुर्याबद्दल आपलें मन थक होऊन जातें, व आपणांस जेव्हां जीवित दिलें त्याचवेळीं आपल्या केवळ प्राणधारणाचीच नव्हे, तर सुखसमृद्धीचीही त्यानें तर्तूद करून ठेविली, अशी आपली पूर्ण खात्री होते. हें ईश्वराचें उपकारित्व व औदार्य लक्षांत आणिल्यावर आपली त्याविषयींची कृतज्ञता दाखविण्यास कोण तत्पर होणार नाहीं ?

आकृति.१





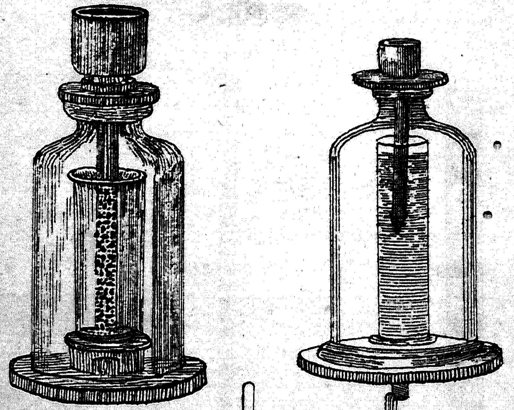
आकृति.२



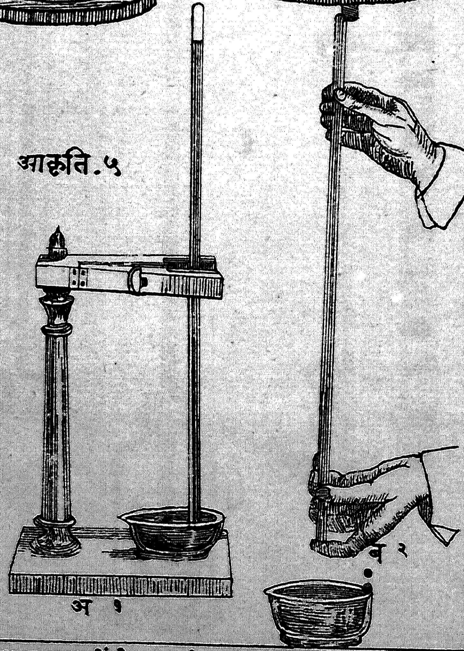
आकृति.३



आकृति.४

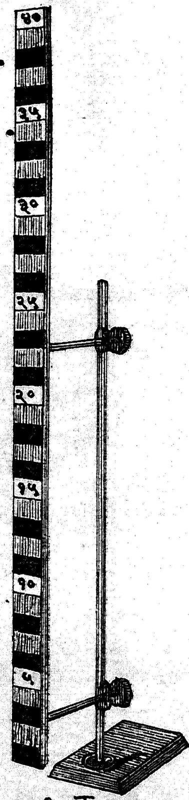


आकृति.५

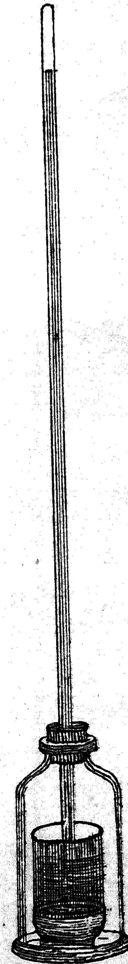


टीप-पांचव्या आकृतींतील ३ रा नंबर आकृति ६ शेजारीं आहे.

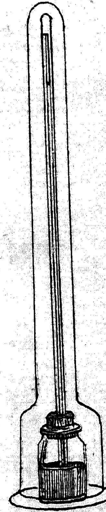
आकृति. ६



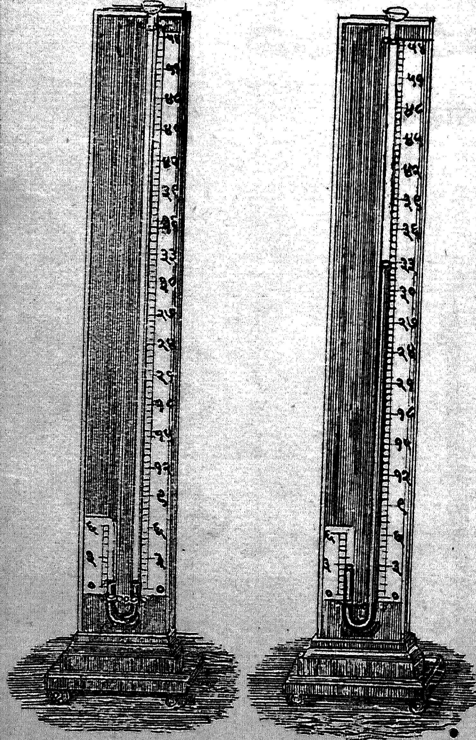
२ क



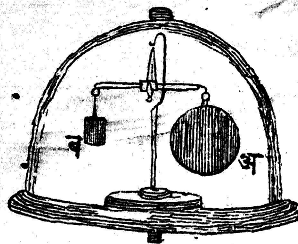
आकृति. ७



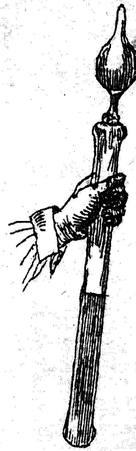
आकृति. ८



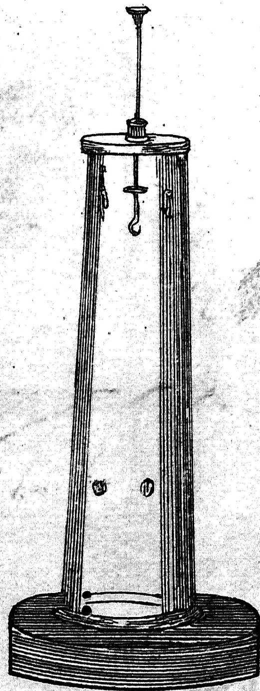
आकृति. ९



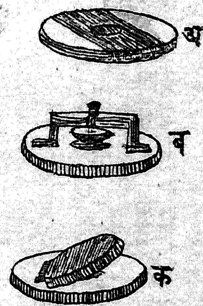
आकृति. १०

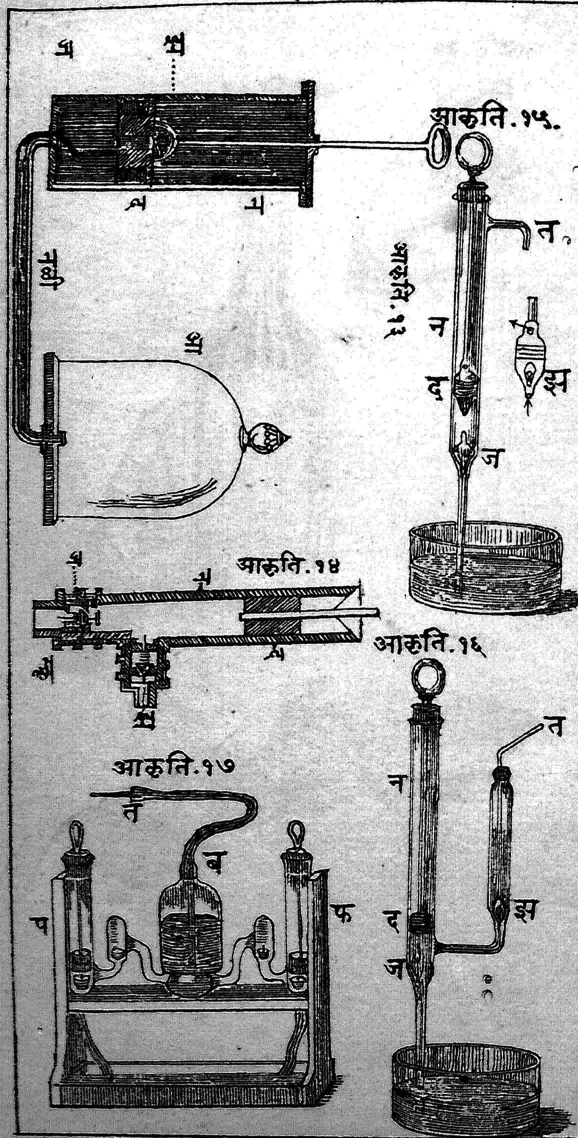


आकृति. ११

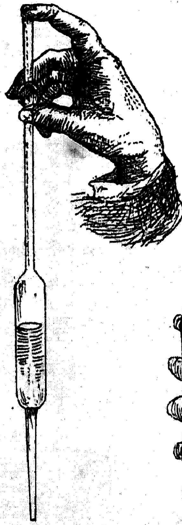


आकृति. १२




आकृति.१५.
आकृति.१३
आकृति.१४
आकृति.१६
आकृति.१७

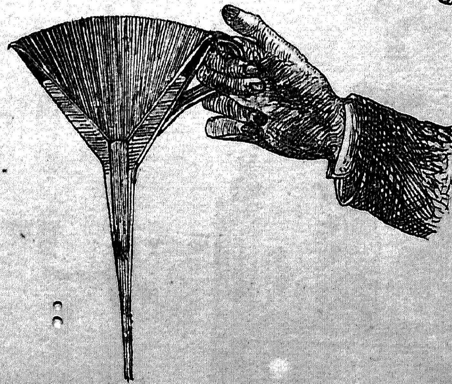
आकृति. १८



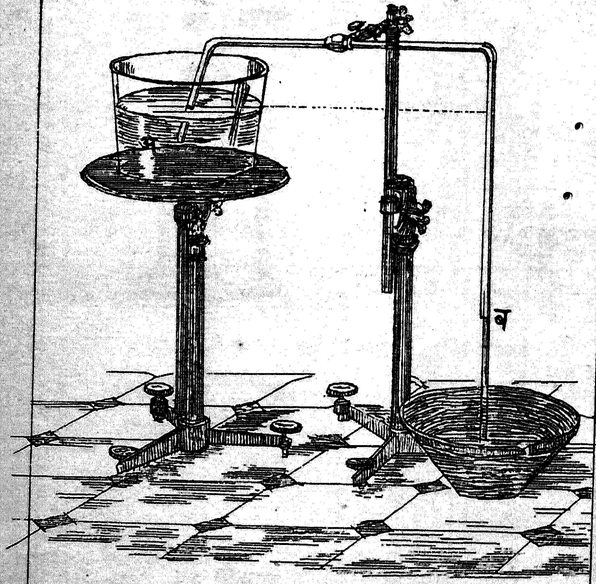
आकृति. १९



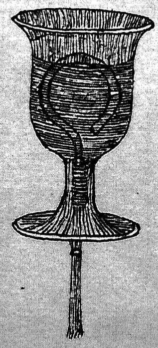
आकृति. २०

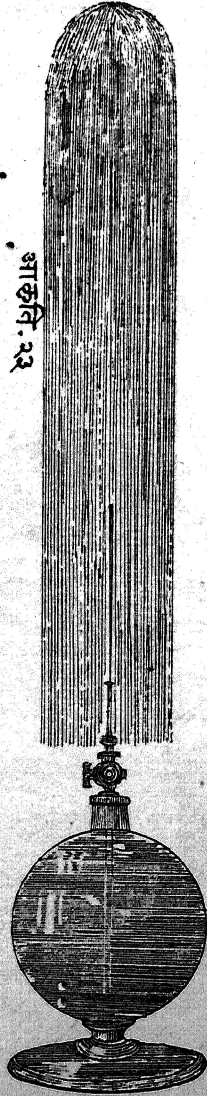


आकृति. २१

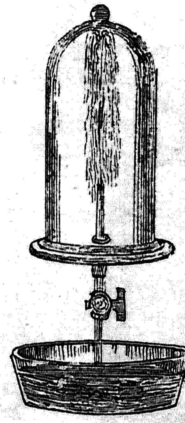


आकृति. २२

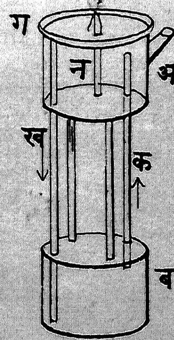



आकृति. २३

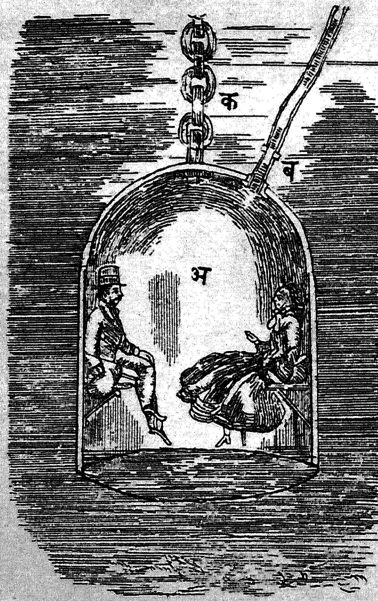
आकृति. २४



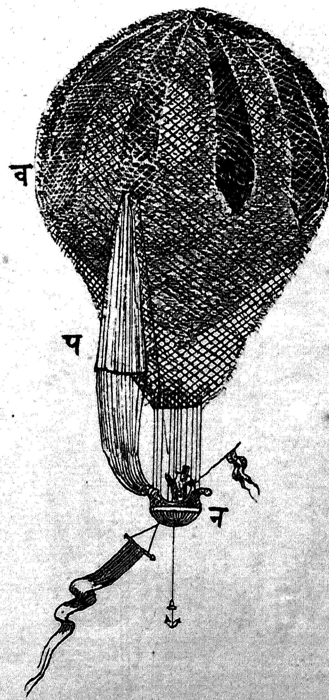
आकृति. २५



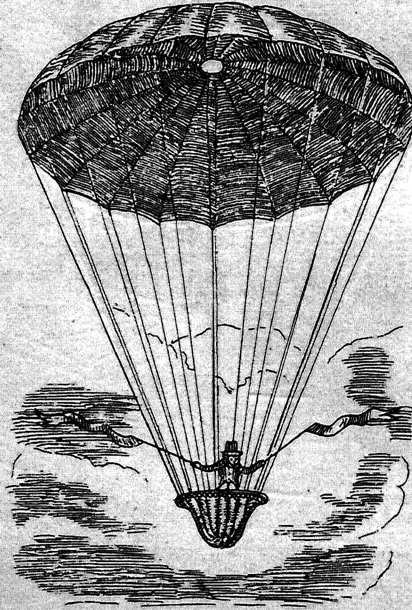
आकृति-२६

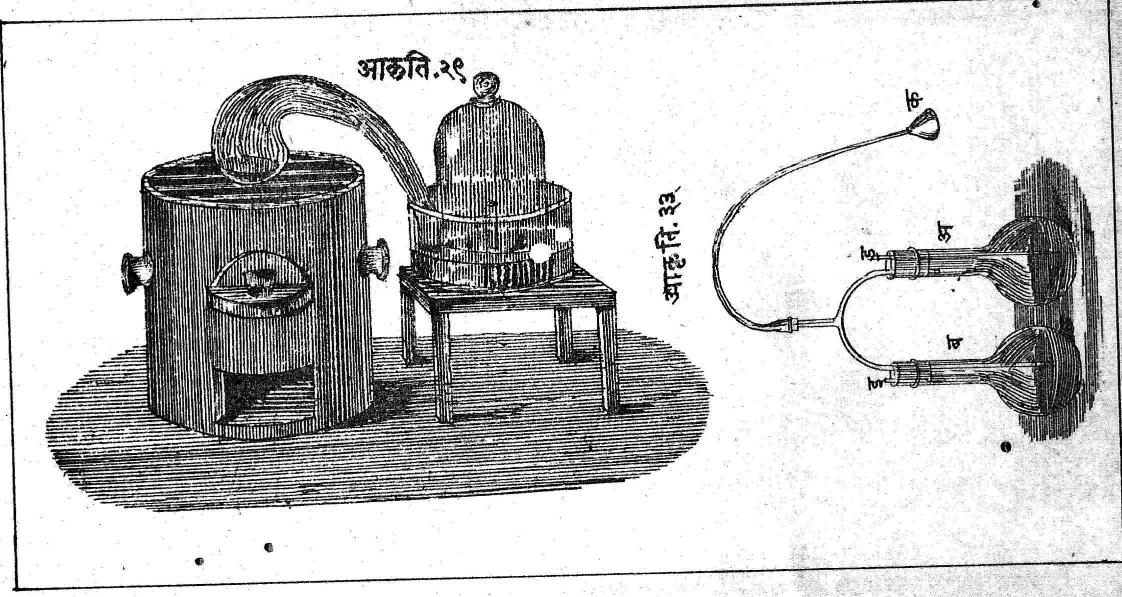


आकृति. २७



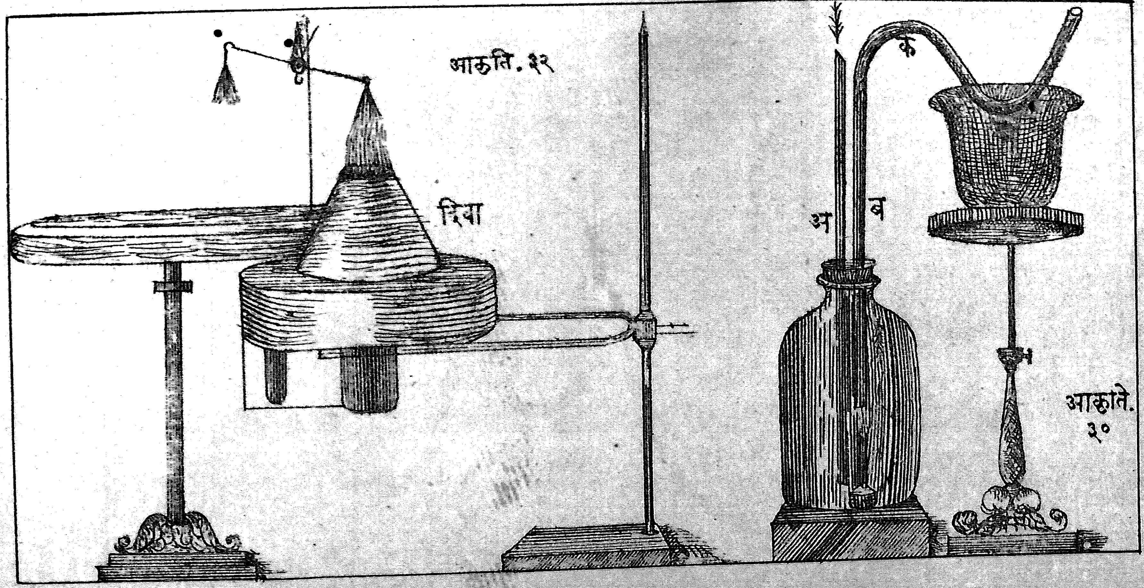
आकृति. २८

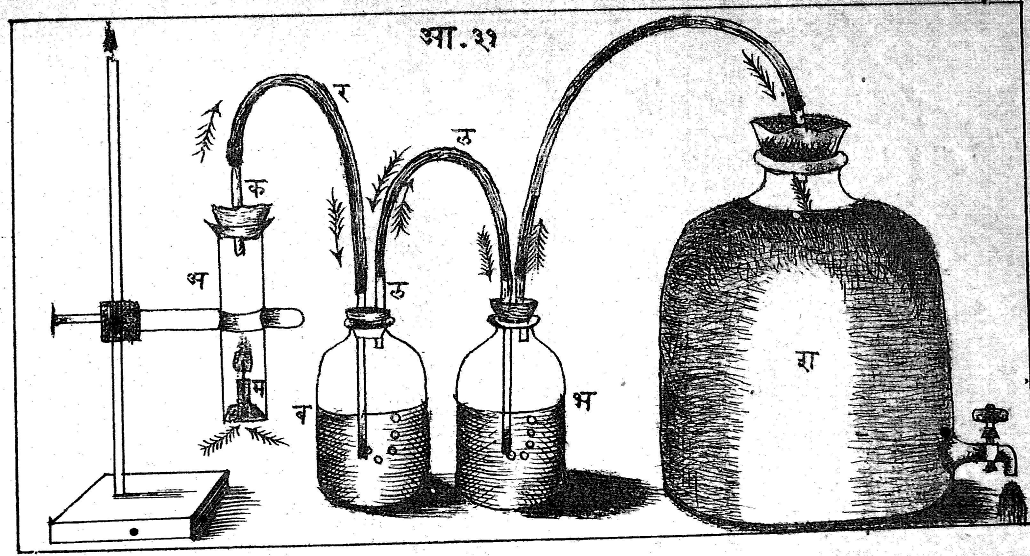




आकृति.२९

आकृति. ३३


आकृति. ३२
दिवा
अ
ब
क
आकृते.
३०



आ. ३१

আকৃতি. ২৪

